



CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS Y VETERINARIAS

Tesis

**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA NUTRICIONAL EN LOS HATOS LECHEROS
ALTOS PRODUCTORES DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES**

Presenta

JOSE ANTONIO ALVIZO FLORES

Para obtener el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS

Tutor

DR. CARLOS U. HAUBI SEGURA

Comité Tutoral

Dr. Ernesto Flores Ancira

Dr. Arturo Gerardo Valdivia Flores (Co-Tutor)

Dr. Carlos Eduardo Romo Bacco

Aguascalientes, Ags., Diciembre 2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

DR. ANTONIO DE JESUS MERAZ JIMENEZ
Secretario de Investigación y Posgrado
Centro de Ciencias Agropecuarias
Universidad Autónoma de Aguascalientes
P R E S E N T E:

Por este conducto le informo el estatus de los artículos derivados de la tesis a cargo de los tesisistas bajo mi tutoría en el programa de Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Generación Enero-2016:

Tesisista: José Antonio Alvizo Flores

Título del artículo: ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA NUTRICIONAL EN LOS ESTABLOS LECHEROS DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES.

Autores: Alvizo Flores José Antonio, Flores Ancira Ernesto, Valdivia Flores Arturo Gerardo, Romo Bacco Carlos Eduardo, Haubi Segura Carlos U.

Estatus: En proceso de enviarse a revisión al cuerpo de tutores.

ATENTAMENTE
"SE LUMEN PROFERRE"
Jesús María, Ags. a 12 de Junio de 2018

A handwritten signature in blue ink that reads "Carlos Haubi".

Dr. Carlos U. Haubi Segura
TUTOR
Centro de Ciencias Agropecuarias



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DR. RAÚL ORTÍZ MARTÍNEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E:

Con fundamento en el artículo 175, apartado II del Reglamento General de Docencia, le comunico que revisado el trabajo de tesis que presenta el **MVZ JOSÉ ANTONIO ALVIZO FLORES** denominado:

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA NUTRICIONAL EN LOS HATOS LECHEROS ALTOS PRODUCTORES DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES

Como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias dentro del Programa de Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, a partir de lo cual considero que el trabajo cumple con los requisitos para ser presentado y discutido en el examen de grado correspondiente.

Por lo anterior expresado, no tengo inconveniente en otorgar **MI VOTO APROBATORIO** para la impresión de la tesis con el propósito de que se pueda continuar con los trámites correspondientes.

Sin más por el momento, me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración a la presente y le reitero mis más altas consideraciones, así como un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se lumen proferre"

Aguascalientes, Ags. a 19 de Junio de 2018

DR. ARTURO GERARDO VALDIVIA FLORES

COTUTOR





UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DR. RAÚL ORTÍZ MARTÍNEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE:

Con fundamento en el artículo 175, apartado II del Reglamento General de Docencia, le comunico que revisado el trabajo de tesis que presenta el MVZ JOSÉ ANTONIO ALVIZO FLORES denominado:

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA NUTRICIONAL EN LOS HATOS LECHEROS ALTOS PRODUCTORES DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES

Como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias dentro del Programa de Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, a partir de lo cual considero que el trabajo cumple con los requisitos para ser presentado y discutido en el examen de grado correspondiente.

Por lo anterior expresado, no tengo inconveniente en otorgar **MI VOTO APROBATORIO** para la impresión de la tesis con el propósito de que se pueda continuar con los trámites correspondientes.

Sin más por el momento, me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración a la presente y le reitero mis más altas consideraciones, así como un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se lumen proferre"

Aguascalientes, Ags. a 19 de Junio de 2018

DR. CARLOS EDUARDO ROMO BACCO
INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DR. RAÚL ORTÍZ MARTÍNEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E:

Con fundamento en el artículo 175, apartado II del Reglamento General de Docencia, le comunico que revisado el trabajo de tesis que presenta el **MVZ JOSÉ ANTONIO ALVIZO FLORES** denominado:

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA NUTRICIONAL EN LOS HATOS LECHEROS ALTOS PRODUCTORES DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES

Como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias dentro del Programa de Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, a partir de lo cual considero que el trabajo cumple con los requisitos para ser presentado y discutido en el examen de grado correspondiente.

Por lo anterior expresado, no tengo inconveniente en otorgar **MI VOTO APROBATORIO** para la impresión de la tesis con el propósito de que se pueda continuar con los trámites correspondientes.

Sin más por el momento, me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración a la presente y le reitero mis más altas consideraciones, así como un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se lumen proferre"

Aguascalientes, Ags. a 19 de Junio de 2018

DR. ERNESTO FLORES ANCIRA

INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL





UNIVERSIDAD AUTONOMA DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

OF. NO. CCA-D-11-15-112-18

Dra. en Admón. María del Carmen Martínez Serna
Directora General de Investigación y Posgrado
PRESENTE.

Por medio de la presente me permito comunicarle a usted que la tesis titulada "ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA NUTRICIONAL EN LOS HATOS LECHEROS ALTOS PRODUCTORES DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES", del alumno **JOSÉ ANTONIO ALVIZO FLORES**, egresado de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, respeta las normas y lineamientos establecidos institucionalmente para su elaboración y su autor cuenta con el voto aprobatorio de su tutor y comité tutorial.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Jesús María, Ags., 02 de Julio del 2018
"SE LUMEN PROFERRE"

Dr. Raúl Ortiz Martínez
Decano del Centro



- c.c.p. Jefa del Departamento de Control Escolar
- ✓ c.c.p. Sección de Certificados y Títulos
- c.c.p. Secretario Técnico
- c.c.p. Estudiante
- c.c.p. Archivo



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes, por el apoyo otorgado para mi desarrollo profesional y por el espacio brindado para realizar los estudios de maestría.

Al Dr. Carlos Urban Haubi Segura, por su confianza, apoyo y asesoría para la realización del trabajo de investigación.

Al Dr. Arturo Gerardo Valdivia Flores, por su confianza y apoyo para la realización del trabajo de investigación

Al Dr. Ernesto Flores Ancira, por su confianza y apoyo, para la realización del trabajo de investigación

Al Dr. Carlos Eduardo Romo Bacco, por su confianza y apoyo para la realización del trabajo de investigación

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero para la realización de este trabajo de investigación.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

ÍNDICE

ÍNDICE	8
ÍNDICE DE TABLAS	12
ÍNDICE DE FIGURAS	13
RESUMEN	16
ABSTRACT	18
1. INTRODUCCIÓN	19
1.1 Planteamiento del problema	19
1.2 Origen, evolución y estado actual del problema	19
1.3 Condiciones locales que permiten abordar el problema	24
1.4 Pregunta científica e Hipótesis	24
1.5 Objetivos	25
Objetivo General	25
Objetivos específicos	25
1.6 Justificación	25
2. MARCO TEÓRICO	27
2.1 Nutrición para la producción	27
2.1.1 Nutrición de la vaca lactante	27
2.1.2 Curva de lactancia	28
2.1.3 Consumo de materia seca	29
2.1.4 Prácticas de manejo alimenticio	32
2.2 Salud de ubre	32

2.3 Reproducción.....	35
2.4 Crianza de reemplazos	37
2.5 Salud de Hato	38
2.6 Economía y Administración.....	39
2.7 Ecología y bienestar animal.....	40
2.8 Control de datos.....	41
3. MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1 Localización del área de estudio.....	42
3.2 Identificación y caracterización de los ranchos en estudios	43
3.3 Caracterización de los establos por nivel de tecnología.	44
3.4 Caracterización de los establos por tamaño o número de vacas.....	45
3.5 Visitas de campo.....	46
3.6 Diagnóstico productivo	47
3.7 Captura de datos productivos y reproductivos	47
3.8 Cálculos de curvas de lactancia y requerimientos nutricionales	47
3.9 Cálculos de la proyección a 305 días	49
3.10 Cálculos de requerimientos nutricionales.....	51
3.11 Cálculo de curvas inversas de la producción de solidos de la leche.....	51
3.12 Modelo estadístico.....	53
4. RESULTADOS	54
4.2 Análisis de los datos productivos de los Establos lecheros	57
4.2.1 Análisis de las Curvas de lactancia	57
4.2.2 Análisis de la producción por tipo de rancho y número de lactancia de las vacas	59

4.2.3 Análisis de la producción por tipo de dieta61

4.2.4 Análisis de la producción con Ración de Altas vs. Ración Única64

4.3 Eficiencia en la utilización de energía de la dieta para la producción de leche65

4.4 Análisis de la producción a través de la Proyección a 305 días.72

5. DISCUSIÓN76

5.1 Caracterización de los Ranchos Productores de leche.....77

5.2 Obtención y análisis de los datos.....78

5.3 Desarrollo del método de coeficientes de McGill para calcular la proyección de producción de leche a 305 días.....80

5.4 Desarrollo del método de coeficientes inversos para calcular la producción de sólidos de la leche y condición corporal.....82

5.5 Evaluación del modelo matemático para calcular los requerimientos nutricionales de las vacas lecheras.....83

5.6 Evaluación del modelo matemático para calcular la eficiencia nutricional del ganado lechero alto productor.....84

5.7 Evaluación del modelo matemático para calcular la eficiencia económica de los hatos altos productores y su comparación los hatos bajos productores.87

6. CONCLUSIONES90

7. GLOSARIO.91

8. BIBLIOGRAFIA93

9. ANEXOS98

9.1 A. Artículo.....99

9.2 B Análisis estadístico.104

9.3 Cálculo de los coeficientes ajustados a la ecuación de Wood.....114



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de los sistemas de producción lechera en México.....20

Tabla 2. Lista de establos bajo estudio.....43

Tabla 3. Coeficientes de la Universidad de McGill.....48

*Tabla 4. Coeficientes de McGill para vacas adultas y para vaquillas de primer parto, modificados por la ecuación de Wood: $Y = a*t^b*exp(-c*t)$49*

Tabla 5. Parámetros a, b, c. Para grasa, proteína, lactosa y peso vivo (PV).....52

Tabla 6. Niveles de tecnificación y tamaño de los establos.....55

Tabla 7. Producción promedio y tipo de explotación.....59

Tabla 8. Requerimientos nutricionales del NRC 2001 según estadio productivo y nivel de producción.62

Tabla 9. Eficiencia en la utilización de la energía para producción de leche según el tipo de rancho (Tipo A, B, C) y el aporte de energía en la dieta ENL69

Tabla 10. Promedio de la proyección a 305 días y tipo de establo.....72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curvas de lactancia generadas por el modelo coeficientes de McGill para determinar la proyección a 305 días29

Figura 2. Curvas de lactancia de vacas adultas (>2 lactancias) y vaquillas (vacas de primera lactancia) en establos tipo A y C57

Figura 3. Producción promedio de leche y el tipo de dietas ración de altas productoras o Ración única y el tipo de Rancho A, C.63

Figura 4. Producción promedio de leche, tipo de dieta ración de alta o ración única y tipo de explotación A, B, C.64

Figura 5. Nivel de energía de la dieta (ENI Mcal/día) ofrecidas a las vacas en altas producción (>25 L/d) según el tipo de dieta: Ración de Altas vs. Ración Únicas, y según el tipo rancho (Tipo A, B, C) y su tamaño (1- 5).65

Figura 6. Nivel de energía neta de lactancia ofrecido en las raciones según el tipo de rancho y durante el transcurso de la lactancia67

Figura 7. Eficiencia en la conversión de energía de la dieta en energía en leche por nivel de tecnificación (Ranchos Tipo A, B, y C).....70

Figura 8. Distribución de la proyección de la producción a 305 días en establos tipo C de acuerdo a la cantidad de pesadas de leche (puntos de medición).....73

Figura 9. Distribución de la proyección de la producción a 305 días en establos del tipo A de acuerdo a la cantidad de pesadas de leche (puntos de medición).....73

Figura 10. Distribución de la proyección de la producción a 305 días en Ranchos tipo C de acuerdo al número de vacas74

Figura 11. Distribución de la proyección de la producción a 305 días en establos del tipo A de acuerdo al número de vacas74

Figura 12. Distribución de la proyección de producción a 305 días presentada en porcentaje de vacas por grupo de los ranchos A y C75

Figura 13. Eficiencia en la conversión de energía neta de la dieta a energía neta en leche según la proyección de producción a 305 días.....85

Figura 14. Eficiencia económica, refiriéndose al ingreso por venta de leche entre el costo del alimento al día, a lo largo de la lactancia según el tipo de rancho A, B y C.87

Figura 15. Eficiencia económica, refiriéndose al ingreso por venta de leche entre el costo del alimento, según la proyección de la producción a 305 días y el tipo de rancho A, B y C.88



ABREVIATURAS Y SIGLAS

CCC	Calificación de la condición corporal
CMS	Consumo de materia seca
DEL	Días en leche
ED	Energía Digestible
EM	Energía Metabolizable
ENL	Energía neta de lactancia
ENm	Energía neta de mantenimiento
ENg	Energía neta de ganancia
ENp	Energía neta de preñez
FDN	Fibra Detergente Neutra
FDA	Fibra Detergente Ácida
kg	kilogramo
L	Litro
LAD	Lignina en detergente ácido
Mcal	Mega calorías
NRC	National Research Council
PC	Proteína Cruda
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación
SIAP	servicio de información agroalimentaria y pesquera
USDA	United States Department of Agriculture

RESUMEN

Aguascalientes es una de las principales cuenca lecheras de México, con una variedad de sistemas de producción, desde muy tecnificadas y alta producción hasta las de baja producción y mínima tecnificación. Los sistemas de alimentación en las explotaciones de baja producción se han enfocado en bajar los costos de producción, con el consiguiente efecto que las dietas no cubren los requerimientos nutricionales de energía neta de lactancia, proteína cruda y materia seca. En contraste, los grandes establos han establecido programas de alimentación basados en asesoría nutricional y dietas de alto costo para lograr producciones de leche mayores a 10,000 kg de leche por lactancia. El objetivo de este estudio es analizar la productividad y eficiencia nutricional de explotaciones lecheras altamente tecnificadas en el estado de Aguascalientes y compararlas contra establos de baja producción. El estudio se realizó en seis unidades lecheras con alta tecnificación y ocho unidades con menor tecnificación. Se obtuvieron los datos productivos y reproductivos de las explotaciones. Para la comparación de la producción se calculó las proyecciones de producción a 305 días. Se utilizó el método de los coeficientes de la Universidad de McGill donde $\text{Proy305} = \text{LecheDEL} / \text{CoefDEL} * 100$. Los coeficientes originales se modificaron con la ecuación gama incompleta de Wood (1967) $Y = a * t^b * \exp(-c * t)$ generándose parámetros para calcular dichos coeficientes, para vacas adultas y de primera lactancia, respectivamente, a: 0.2235466, 0.2040059, b: 0.2094196, 0.2167819 y c: 0.0041509, 0.0034993. El análisis mostró que los ranchos de alta tecnificación tienen proyecciones a 305 días promedio mayores que los de baja tecnificación ($9,403 \pm 1,595\text{L}$ vs $5,337 \pm 1,960\text{L}$. $P < 0.0024$). La eficiencia energética ($\text{EfEN} = \text{ENLeche} / \text{ENTotal}$) disminuye conforme avanza la lactancia. Los establos de mayor tecnificación aportaron mayor energía que los de menor tecnificación (39.2 ± 2.65 vs. 27.3 ± 3.54 Mcal ENL/día. $P < 0.00001$) y fueron más eficientes (51.73 ± 0.17 vs. 40.27 ± 0.13 % EfEN). La eficiencia económica ($\text{Ef\$} = \text{\$Leche} / \text{\$Alim}$) disminuye también conforme avanza la lactancia, donde los ranchos más tecnificados son más eficientes que los de baja tecnificación (1.55 vs. 1.19 $\text{\$Leche} / \text{\$Alim}$). Este estudio permitió encontrar que la causa de la baja producción y bajo rendimiento económico de los pequeños establos lecheros se debe en su mayor parte al bajo aporte de

energía en las raciones, y que un incremento en el mismo, mejoraría la productividad y economía de dichas empresas.

Palabras clave. Bovinos, Curvas, Lactancia, Proyección a 305 días, Eficiencia nutricional, coeficientes de Universidad de McGill.



ABSTRACT

Aguascalientes is one of the main dairy technified regions of Mexico, with a variety of dairy farm production systems, from highly technical and high production to low production and minimal technification. Feeding systems in low tech-low production dairy farms have focused on lowering production costs, with the consequent effect that diets do not cover the net energy for lactation, crude protein and dry matter intake requirements. In contrast, the high-tech large herds have established feeding programs based on nutritional consulting and high-cost diets to achieve milk yields greater than 10,000 kg of milk per lactation. The objective of this study is to analyze the productivity and nutritional efficiency of highly technified dairy farms in the state of Aguascalientes and compare them against low production farms. The study was conducted in six dairy units with high technification and eight units with low technification. Where milk and reproductive record were obtained. The comparison was made from milk production projections calculated at 305 days. We used McGill University's coefficient method, where $\text{Proy305} = \text{MilkDIM} / \text{CoefDIM} * 100$. The original coefficients were modified with Wood's incomplete gamma function (1967): $Y = a * t^b * \exp(-c*t)$, generating parameters to calculate those coefficients, for adult and first lactation cows, respectively, a: 0.2235466, 0.2040059, b: 0.2094196, 0.2167819 and c: 0.0041509, 0.0034993. The analysis showed that high-tech dairy farms have higher projections at 305 average days higher than low-tech dairy farms ($9,403 \pm 1,595\text{L}$ vs. $5,856 \pm 1,448\text{L}$, $P < 0.0024$). Energy efficiency ($\text{EfEN} = \text{ENMilk} / \text{ENTotal}$) decreases as lactation progresses. Higher-tech dairy farms provided more energy than the low-tech dairy farms (39.31 ± 2.65 vs. 27.36 ± 3.54 Mcal NEL / day, $P < 0.00001$) and were more efficient (51.73 ± 0.17 vs. $40.27 \pm 0.13\%$ EfEN). Economic efficiency ($\text{Ef} \$ = \$ \text{Milk} / \$ \text{Feed}$) also decreases as lactation progresses, where the higher-tech dairy farms are more efficient than low-tech dairy farms (1.55 vs. 1.19 \$ Milk / \$ Feed). This study found that the cause for the low production and low economic performance of small dairy farms is due mostly to the low contribution of net energy in rations, and that the increase in net energy milk, improve the productivity and economy of these farm businesses.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La competitividad de la empresa lechera está en frecuente desafío por el cambio tecnológico y económico que ocurren constantemente. Las dietas ofrecidas a las vacas en las explotaciones menos eficientes no cubren los requerimientos nutricionales de energía neta de lactancia, proteína cruda y materia seca para lograr producciones de leche mayores a 10,000 kg de leche por lactancia por vaca. Estos establos tienen en promedio vacas con proyecciones de producción a 305 días de menos de 7,000 kg de leche por lactancia.

Se estima que los establos altamente tecnificados logran mayor eficiencia nutricional y mayores producciones porque aplican prácticas zootécnicas y tecnologías para lograr los consumos máximos de materia seca con el contenido adecuado de energía, proteína y fibra.

Conocer las prácticas zootécnicas aplicadas y la tecnología incluida para lograr las altas producciones en establos de la región es importante porque permitiría comparar la eficiencia nutricional de estas explotaciones con la eficiencia nutricional de explotaciones de menor grado de tecnificación y determinar cuáles son las prácticas zootécnicas clave, que implementadas en los establos menos eficientes, los conduzcan a un grado de mayor eficiencia nutricional y económica.

1.2 Origen, evolución y estado actual del problema

Un Sistema de Producción Agropecuario es aquel donde interactúan animales, suelo, plantas, ambiente, insumos, de una manera compleja al que el productor organiza, dirige, da cohesión y significado para obtener y ofrecer productos agropecuarios deseados por la población (Aluja, 1993).

De acuerdo con datos de SAGARPA (2001) en México se distinguen cuatro modelos de sistemas de producción de leche:

- **Especializado:** Las vacas se encuentran estabuladas y sometidas a un sistema de alimentación y ordeño intensivo. Son los sistemas que mayor tecnificación presentan y con los hatos más grandes y de mayor producción.
- **Semi-especializado:** Las vacas están en pastoreo estacional pero reciben suplementación, son ordeñadas en sala de ordeña y duermen dentro de corrales. Es el sistema más utilizado en Europa, Nueva Zelanda y en algunas partes de México, como los Altos de Jalisco.
- **Familiar o de Traspatio:** Las vacas ocupan áreas de la casa, son manejadas por la familia y ordeñadas a mano o con pequeñas unidades móviles de ordeña. Este nivel es el de menor producción y tecnificación.
- **Doble propósito:** Se da principalmente en los trópicos. Las vacas son reproducidas para obtener crías las cuales se alimentan de la leche de la vaca y al destete son vendidas para la engorda. A la vaca se le ordeña una vez al día, o unas ubres solamente, con lo cual se obtiene leche para el consumo familiar, la venta a terceros o la producción de queso artesanal. En la Tabla 1 se presentan sus características principales.

Tabla 1. Características de los sistemas de producción lechera en México.

Tabla 1 Características de los sistemas de producción lechera en México

Características	Especializado	Semi especializado	Familiar	Doble propósito
Tamaño Promedio del Hato (Cabezas)	300-400	180-200	2-10	30-40
Días de Lactancia	305	280-305	210-260	120-180
Rendimiento (L/Día)	20-27	18-20	6-12	3-9
Proyección a 305 d	8000	6000	3500	2000

Raza	Holstein, Jersey, Pardo Suizo	Holstein	Holstein, Pardo Suizo	Cebuino, Pardo Suizo y F1 Holstein-Cebú
Tecnología	Alta Especialización	Baja	Baja	baja
Manejo	Estabulado	Semi Estabulado	Semi Estabulado	Pastoreo
Medicina Preventiva	Bien aplicada	Aplicación regular	No posee	Aplicación insuficiente
Programa Reproductivo	Bien llevado	Aplicación regular	No posee	Aplicación insuficiente
Mejora Genética	eficiente	Regular	No posee	deficiente
Alimentación	Balanceda	Pastoreo /concentrados	Forrajes/esquil mos	Pastoreo/ suplementación
Ordeña	Mecanizada	Manual/mecani zado bajo	Manual	Manual/mecani zado bajo

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA (2001).

El sistema lechero al igual que otros sistemas industriales busca incesantemente mejorar su desempeño económico para permanecer en el negocio. El productor lechero enfoca sus esfuerzos en lograr los mejores resultados económicos con los recursos que posee. Para lograr esto se ve obligado a comparar su productividad contra la productividad de los mejores en su ramo, utilizar las mejores prácticas de la industria para mejorar el uso de sus insumos y eliminar las prácticas inútiles y utilizar la tecnología más avanzada, es decir mejorar sus prácticas técnicas o su eficiencia operacional.

La estrategia de incrementar la economía de escala de producción aumentando el número de unidades productivas (*i.e.* vacas), es la que encabeza la lista de las estrategias utilizadas por los productores lecheros en la actualidad seguida de la mejora en la eficiencia operacional para alcanzar su frontera de productividad.

El perfeccionamiento constante de la eficiencia técnica es necesario para lograr una rentabilidad superior. Sin embargo, las estrategias no son suficientes para lograr una ventaja competitiva y tiene que ser acompañada de una mejora en la gestión de la comercialización factor clave para incrementar los ingresos (Posadas y col., 2013).

Las habilidades gerenciales del productor también representan un factor clave en la productividad de la explotación ya que él es quien orquesta las operaciones, asigna los recursos hacia los mejores esfuerzos, enfoca y guía para alcanzar las metas propuestas en el establo por lo que una mejora en sus habilidades y técnicas de gestión mejoran el rendimiento de la empresa (Smith y col., 2013)

Con el objetivo de conocer las mejores prácticas operacionales en la industria lechera, alrededor del mundo se realizan constantemente estudios científicos por parte de universidades, asociaciones lecheras, secretarías agrícolas de los estados y difunden sus resultados entre los productores lecheros para que adopten las que se consideren mejores.

Varios trabajos científicos en Estados Unidos de América (EEUU) se orientan a conocer las características de los sistemas productivos lecheros para ofrecer puntos de comparación entre las prácticas zootécnicas de producción que logran mejoras en productividad, eficiencia técnica y económica que les sirva a los productores y asesores para comparar sus explotaciones y aplicar aquellas mejoras en tecnologías y procesos para llevar a sus explotaciones a un mayor nivel de rentabilidad económica. El Departamento de Agricultura de EEUU (USDA), a través del National Animal Health Monitoring System (NAHIMS), ha realizado encuestas nacionales de las prácticas de manejo zootécnico, de salud, las tecnologías que incluyen en estas prácticas y las tendencias de su uso, que realizan las

explotaciones lecheras, entre ellas se identifican las referentes a: nutrición, reproducción, genética, instalaciones y confort animal, mantenimiento de registros, ordeña, crianza de reemplazos lecheros, salud animal (Khanal y col., 2010; Smith y col. 2013, Kellogg y col., 2001; USDA, 2016; USDA 2007; Brotzman y col., 2015).

En Argentina se identifican varios trabajos orientados a conocer las características productivas, tecnológicas y de eficiencia del sistema de producción lechero con el fin de conocer sus debilidades y hacer propuestas de mejora. Las principales particularidades son, atendiendo a la heterogeneidad de la producción y dependiendo de la zona agroecológica, un sistema eminentemente pastoril, con mano de obra familiar principalmente, empresas medianas, con suplementación de concentrados, una carga animal de 1.17 cabezas por hectárea que las identifica como intensivas en el uso de la pradera y se distingue de estos trabajos un énfasis en las instalaciones de ordeña y su eficiencia (Osean y col., 2010; Larrea 2011; Castignani y col.,2005).

En otras partes de América Latina también se han realizado estudios para caracterizar la producción lechera, estratificándolos de manera similar por: sistema productivo, tamaño, nivel tecnológico, eficiencia técnica, usando bases de datos que recopilan cooperativas o asociaciones de asesoría y a través de encuestas. En estos estudios se denota que la principal forma de producción en esas regiones es el pastoreo o semipastoreo, muestran también los grupos que han alcanzado los grados más avanzados dentro de su sistema y las prácticas que han adoptado para lograrlo.

En México se han realizado varios estudios para caracterizar unidades comerciales de producción de leche, principalmente de sistemas familiares, tratando de conocer su rentabilidad, adopción de tecnologías y su eficiencia técnica. Estos estudios presentan las prácticas y tecnologías y el nivel de adopción de estas contrastándolas con los resultados económicos que logran los más rentables y menos rentables.

Aguascalientes ocupa el 11° lugar de la producción lechera y aporta el 3.4 % de la producción nacional, que en 2015 fue de 394.956 millones de litros de leche (SIAP 2015). Con una superficie de 5,680.330 km², representa 0.3 % de la superficie nacional, una población de

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Ganado Lechero de 72'000 cabezas es la entidad con mayor densidad de vacas lecheras por km², 12.6 vacas/km² y una producción de 5000 L/vaca/año.

El Estado presenta una mezcla heterogénea de sistemas de producción lechera, caracterizada por sistema de lechería intensiva especializada y muy tecnificada con producciones promedio mayores a 30 L/vaca/día así como el sistema semiespecializado, con una tecnología incipiente con promedios de 16 litros (Carranza y col., 2007; SAGARPA, 2001), pasando por sistemas mixtos, que pastorean al ganado una parte del año.

Observando la importancia de la producción lechera en el Estado se considera que existe una brecha de conocimiento ya que no se identifican trabajos científicos orientados a caracterizar las mejores prácticas operacionales aplicadas por los establos que alcanzan los más altos estándares de productividad en la zona.

1.3 Condiciones locales que permiten abordar el problema

En Aguascalientes existen una cantidad considerable de establos tipificados como sistema intensivo de producción de leche altamente tecnificados con producciones promedio mayor a 10'000 kg de leche por lactancia por vaca lo que permitió realizar las consultas necesarias para el proyecto. Además, se cuenta con una red de carreteras y caminos en buen estado que permiten un acceso eficiente a las explotaciones.

1.4 Pregunta científica e Hipótesis

¿Los diferentes tipos de tecnología enfocados a la nutrición del ganado lechero, en especial los niveles de energía neta de lactancia y el manejo de la alimentación, influyen en la eficiencia energética y económica de las de las vacas en las explotaciones lecheras?

Hipótesis

Los ranchos más tecnificados (Tipo A) tienen mejores niveles de producción y mejores eficiencias energéticas y económicas que los ranchos de baja tecnificación (Tipo C).

1.5 Objetivos

Objetivo General

Analizar la productividad y eficiencia nutricional de explotaciones lecheras altamente tecnificadas en el estado de Aguascalientes y compararlas contra establos de baja producción.

Objetivos específicos

- Obtener al menos en cuatro ocasiones del año, los datos de los procesos productivos empleados en 10 hatos altos productores ($> 10'000$ L/305 d) y comparar sus características con 10 hatos de baja producción ($< 7'000$ L/305 d).
- Identificar la tecnología utilizada en explotaciones lecheras seleccionadas de tal manera que se pueda construir una escala comparativa de la eficiencia nutricional.
- Analizar las características de las raciones empleadas en cada explotación para estimar la eficiencia en base a la energía y proteína utilizada y la producción obtenida.
- Analizar las curvas de lactancia de las vacas adultas y de primera lactancia y estimar las curvas de lactancia óptimas y los coeficientes propios para su modelación.

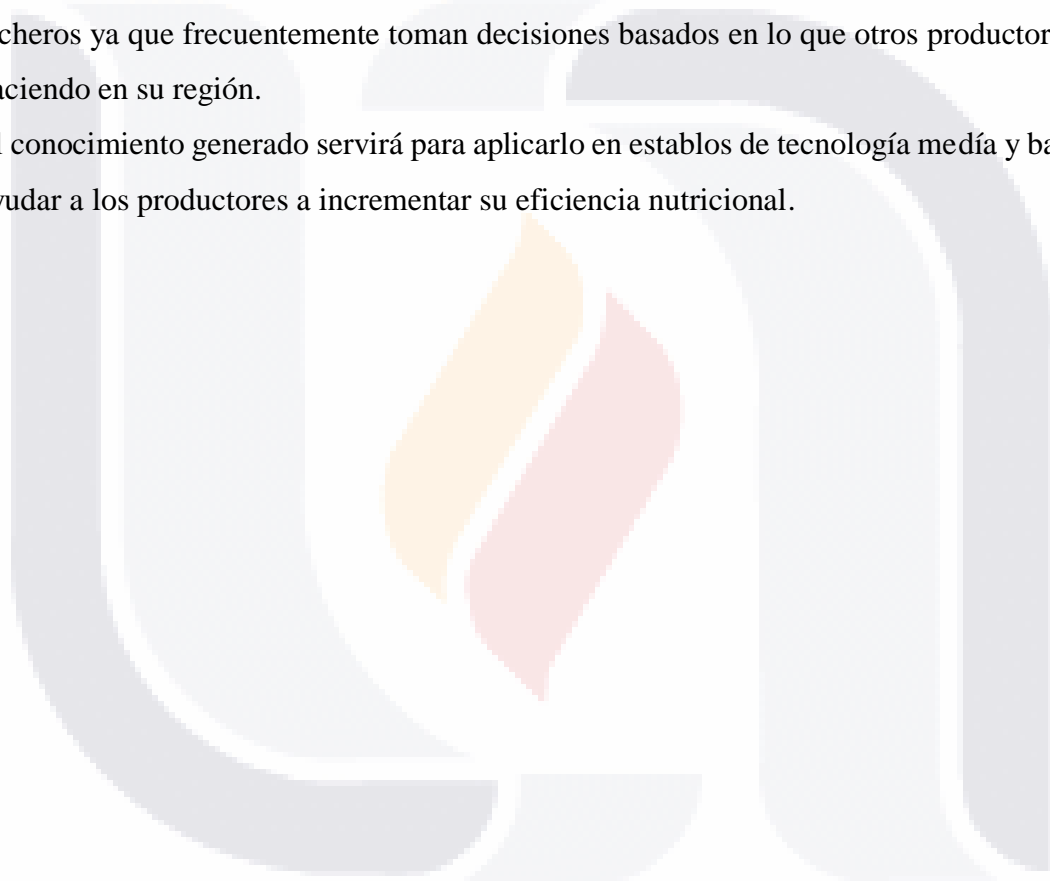
1.6 Justificación

En Aguascalientes no se dispone de estudios actuales cuyo propósito haya sido la caracterización de unidades altas productoras de leche, mayor a $10'000$ L de leche por vaca por lactancia. De la revisión literaria realizada, la mayor parte de los estudios se llevaron a cabo en explotaciones familiares de pequeña escala o semi-tecnificados y no se analizó el impacto de cada tecnología o la calidad del desempeño de dichas prácticas. Las conclusiones alcanzadas por los autores se basan en respuestas a las preguntas relativas a la adopción de las prácticas o tecnologías específicas en lugar del nivel de eficiencia con el que se llevaron a cabo dichas prácticas

El estudio tiene como objetivo examinar los ranchos con alto índice de tecnificación y eficiencia nutricional, identificar el tipo de tecnologías que incluyen en sus procesos de nutrición. Asimismo el estudio busca comprender la eficacia económica de los hatos altos productores con respecto a los de nivel bajo y medio. También se pretende calcular las curvas de lactancia óptimas de las vacas altas productores lo que permite evaluar las curvas de lactancia de las vacas menos eficientes

El proyecto tiene como objetivo final fortalecer la toma de decisiones de los productores lecheros ya que frecuentemente toman decisiones basados en lo que otros productores están haciendo en su región.

El conocimiento generado servirá para aplicarlo en establos de tecnología media y baja. Para ayudar a los productores a incrementar su eficiencia nutricional.



2. MARCO TEÓRICO

El trabajo se realiza bajo la filosofía de Medicina de Producción, la cual pretende utilizar todos los conocimientos de la ciencia médica y de las prácticas zootécnicas para incrementar la utilidad final en la empresa lechera, manteniendo la calidad del producto y elevando el bienestar de los animales (Fuhrman, 1993).

A continuación, A través de un enfoque en Medicina de Producción se revisa la literatura de las prácticas zootécnicas y las Tecnologías que se recomiendan actualmente para lograr Mejoras Operacionales en los establos altos productores de leche:

- NUTRICION PARA LA PRODUCCION
- SALUD DE UBRE
- REPRODUCCION
- CRIANZA DE REMPLAZOS
- CONTROL DE ENFERMEDADES
- ECONOMIA Y ADMINISTRACION
- ECOLOGIA
- CONTROL DE DATOS

2.1 Nutrición para la producción

2.1.1 Nutrición de la vaca lactante

La nutrición es uno de los factores principales que determina la producción de leche en la vaca. Suministrar los nutrimentos adecuados de acuerdo a su etapa fisiológica y productiva, en el volumen correcto, de la forma y frecuencia adecuada para lograr el consumo óptimo y así pueda la vaca lechera manifestar su potencial de producción es el reto principal al que se enfrenta el ganadero.

La vaca como animal rumiante vive en simbiosis con un ecosistema complejo alojado en su primer compartimento digestivo que se beneficia con una dieta fibrosa de componentes no digeribles y en contraparte beneficia a su hospedero con productos finales de la fermentación de esos componentes, ejemplo de ello son los Ácidos Grasos Volátiles que son producto final de la digestión de microorganismos y una fuente principal de energía para el rumiante (Bravo 2016). Los establos lecheros tratan de lograr maximizar los beneficios de esta simbiosis al proveer la dieta adecuada para potencializar los procesos de fermentación en un ambiente ruminal adecuado donde los microorganismos puedan desarrollarse y proveer a la vaca con los nutrientes microbianos producto de sus procesos metabólicos de digestión.

2.1.2 Curva de lactancia

Después del parto la vaca experimenta un inicio de síntesis de leche con un rápido incremento en su producción que va ascendiendo hasta un máximo, llamado *pico de producción*, que se alcanza entre la sexta y octava semana después del parto seguido de un descenso hasta finalizar la lactancia. La velocidad de ese descenso es conocido como *persistencia de producción*. Una vaca con una tasa más lenta en la velocidad del descenso se dice que es más persistente a mayor persistencia mayor rendimiento total de leche en su lactancia. Todo esto se representa de manera gráfica en forma de una Curva de Lactancia, cuya forma y magnitud permite estimar la producción total de una lactancia a 305 días con registros individuales de producción (días en leche, DEL, y producción vaca día), y además permite comparar el rendimiento actual con el esperado para realizar modificaciones en las estrategias de alimentación y manejo (Figura 1).

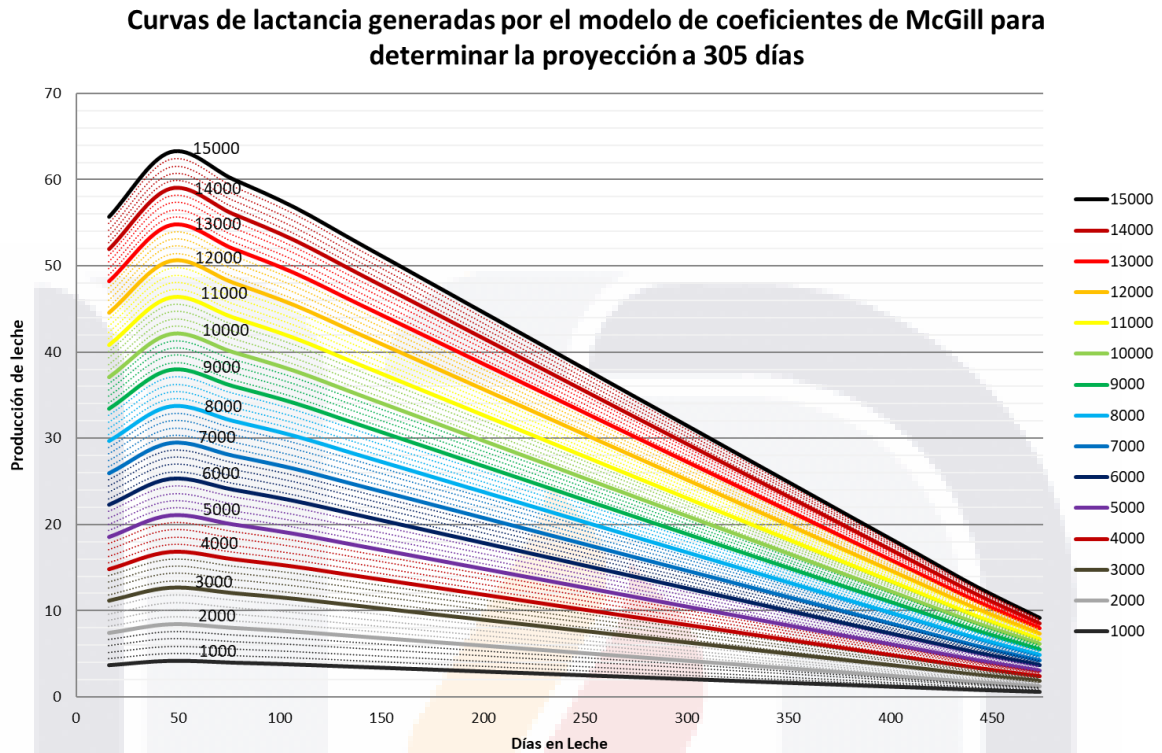


Figura 1. Curvas de lactancia generadas por el modelo coeficientes de McGill para determinar la proyección a 305 días

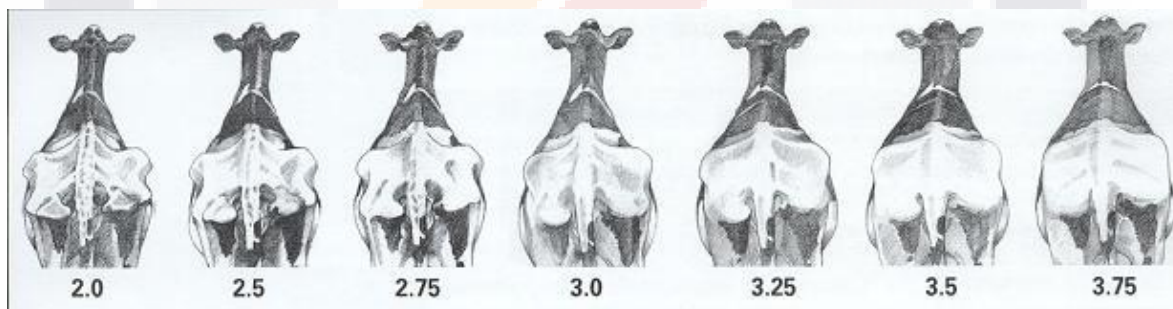
Fuente: Häubi-Segura y Gutiérrez-Lozano (2015)

2.1.3 Consumo de materia seca

El rápido incremento en la producción de leche demanda una elevada cantidad de nutrientes para su síntesis, pero el consumo de alimento, Consumo de Materia Seca (CMS), en la etapa temprana de lactancia no satisface los requerimientos nutritivos por lo que la vaca hace uso de sus reservas corporales para suplir el déficit de energía lo que la conduce a un balance energético negativo que, según se prolongue, aumenta el riesgo a enfermedades metabólicas, pérdida de peso y disminución de la productividad. El pico máximo de consumo de Materia Seca se alcanza entre las 10 a 14 semanas después del parto este retraso entre la producción

máxima de leche y el consumo máximo de materia seca se convierte en un factor clave para incrementar el rendimiento lechero. El incremento en la tasa de consumo de materia seca en la lactancia temprana incrementa la ingestión de energía mejorando el balance energético de la vaca.

La Calificación de la Condición Corporal (CCC) se torna una herramienta útil para evaluar el balance de energía en el animal. La pérdida de CCC se asocia con un alto riesgo de contraer enfermedades metabólicas e infecciosas. La escala recorre un rango de 1 emaciada a 5 obesa. El puntaje óptimo para vacas al inicio de la lactancia es 3.75. Hay evidencia que la selección genética intensa que se ha producido en las vacas lecheras para la alta producción y rendimientos altos en sus componentes ha reducido el objetivo de calificación de la condición corporal para una vaca alta productora moderna en un rango de 2 a 2.5 (Drackley 2016). Junto con el análisis de la curva de lactancia, la CCC es útil para evaluar el consumo de materia seca por ende el consumo de energía y realizar ajustes en la dieta para optimizarla.



Puntaje de condicion corporal.

Fuente: URL: <https://articles.extension.org//sites/default/files/w/3/37/PCC.jpg>

El Consumo de Materia Seca (CMS) está relacionada con el peso corporal del animal, el nivel de producción de leche, la composición física y química de la de la dieta, el manejo zootécnico y el medio ambiente. Una vaca alta productora consumirá entre el 3.0% y 4.0% de su peso vivo en forma de Materia Seca a mayor rendimiento lechero mayor CMS. La capacidad física del rumen no es infinita una vez lleno el ingreso de más alimento se verá

restringido hasta que el existente se ha digerido y pase al siguiente compartimento del tracto digestivo entonces los factores que afectan el llenado del rumen serán la digestibilidad de la ración, la tasa de digestibilidad en el rumen, el tamaño de partícula, y la tasa de disminución en su tamaño.

Los alimentos para el ganado lechero se dividen en 2 categorías: forrajes y concentrados. Los forrajes son alimentos voluminosos, fibrosos con baja energía que pueden presentarse en forma succulenta (húmeda) o seca. Los concentrados se refieren a que contienen una fuente más concentrada de energía y/o proteína.

Los forrajes son la base de las dietas para el ganado lechero. Los carbohidratos que poseen las plantas se catalogan en estructurales proveniente de las paredes celulares que dan rigidez y estructura a la planta son conocidos como fibra y son degradados lentamente por los microorganismos del rumen, y los no estructurales que provienen del interior de la célula pueden ser degradados rápidamente por los microorganismos del rumen. En un análisis químico Van Soest, por medio de una extracción con un detergente neutro da una estimación del componente del interior de la célula y su pared celular conocido como Fibra Detergente Neutra (FDN). Enseguida con un detergente ácido determina la celulosa y lignina y es conocida como Fibra Detergente Ácida (FDA).

La fibra vegetal, que corresponde a la pared celular (Fibra detergente Neutra, FDN), dentro de los cuales se incluyen la hemicelulosa y los complejos lignocelulósicos (Fibra Detergente Ácida, FDA) es el componente químico de la ración que afecta el CMS dietas. Se estima que un porcentaje de FDN entre 28-33% y FDA de 19-21% serían las concentraciones óptimas para una vaca alta productora (Hutjen, 2003). La forma física de la partícula es otro factor en el CMS, la rumia es la forma evolutiva que resolviera la capacidad de disminuir el tamaño de los alimentos fibrosos que consumía, en la vaca moderna la rumia ayuda a mantener un ambiente óptimo en el rumen por medio de la producción de saliva que es un amortiguador del pH el cual debe estar en un nivel óptimo con rango 6.0 a 6.3 para mantener la salud ruminal.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Dentro de los factores de manejo y medio ambientales que afectan el CMS están el espacio disponible en el comedero, la disponibilidad de agua fresca, el índice de humedad relativa y temperatura elevada, la constancia de suministro de alimento fresco y de excelente calidad y las veces que el animal es atraído a consumirlo, el agrupamiento de vacas según su nivel de producción y necesidades nutritivas.

2.1.4 Prácticas de manejo alimenticio

Las prácticas de manejo en los establos altos productores que se identifican en los reportes de investigación para disminuir la variabilidad en el CMS son aquellas prácticas tendientes a ofrecer una dieta integral que contenga los nutrientes balanceados y con una correcta materia seca, mezclada en un carro diseñado específicamente para ello, referidas como raciones totalmente mezcladas o TMR (Total Mixed Ration), incrementado la frecuencia de servidas. Orskov (2002) demostró que el máximo de consumo de materia seca se alcanzaba entre las cuatro y seis servidas. También disminuir el calor excesivo con sombras, ventiladores y sistemas de aspersion de agua en las áreas de ordeño y comederos, además mejorando el diseño del comedero y aumentando el espacio por animal, incremento del empujado del alimento hacia el pesebre para que esté disponible para el animal, ofrecen dietas diferenciadas por etapas y necesidades nutricionales, analizan el contenido de materia seca de sus ingredientes con más frecuencia que los hatos de mediana producción, además envían muestras de los ingredientes al laboratorio para análisis químicos, llevan registros de consumo de los grupos y hacen monitoreo del pesebre diariamente, poniéndole calificación según el grado de presencia de restos de la ración, evalúan la eficiencia de la relación entre la producción de leche y el consumo de materia seca con un Índice de Eficiencia de Alimento, los rangos de 1.7 a 1.8 litros de leche por kg de materia seca consumida son comunes en estos establos.

2.2 Salud de ubre

El enfoque de salud de ubre trata de articular las prácticas preventivas para disminuir en el hato productor los factores de riesgo asociados a la exposición de los patógenos de la mastitis,

así como aquellos factores que inciden en la eficiencia de la cosecha de leche y la calidad sanitaria y organoléptica de ésta.

La mastitis es una enfermedad de gran importancia económica y de salud en el hato lechero. Es una inflamación de la glándula mamaria causada principalmente por microorganismos, lo que conduce a disminuir la producción de leche.

El objetivo de la respuesta inflamatoria en la glándula mamaria es neutralizar y destruir a los agentes infecciosos y sus toxinas permitiendo a la ubre regresar a su función normal.

La importancia económica de la mastitis se debe a la pérdida de leche al disminuir su producción y al retirarla de la venta debida a pérdida de calidad y al riesgo potencial de salud pública por la contaminación bacteriana (Manjarrez, 2012) además de los costos en tratamientos el desecho de animales.

La mastitis se clasifica de acuerdo a su origen en ambientales y contagiosas:

- **Mastitis ambientales:** son las mastitis ocasionadas por microorganismos presentes en el medio ambiente donde habita la vaca. Los principales microorganismos ambientales son los coliformes: *E. coli*, *Klebsiella* spp. y *Arkanobacter pyogenes*.
- **Mastitis contagiosas:** son las mastitis ocasionadas por microorganismos que se transmiten de vacas infectadas hacia vacas sanas. Los principales microorganismos contagiosos son *Staphylococcus aureus* y los *Streptococcus agalactiae*.

La enfermedad se clasifica dependiendo el grado de inflamación en:

- **Mastitis Clínicas:** Cuando se encuentran anomalías visibles en la ubre o leche que varían en severidad causando síntomas físicos y clínicos en la vaca.
- **Mastitis Subclínicas:** No se manifiestan cambios visibles en la leche o glándula mamaria pero pueden detectarse el microorganismo causante por medio de cultivos microbiológicos o por pruebas especiales detectarse los leucocitos en la leche indicando el nivel de infección.

Las células de defensa del organismo que se encuentran en la leche son macrófagos, linfocitos y neutrófilo polimorfo nucleares o leucocitos que al existir invasión bacteriana en la ubre incrementan su presencia en la leche

El conteo de células somáticas (CCS), es el indicador que se utiliza para medir el grado de inflamación de la glándula mamaria. El CCS indica el número de células de defensa por mililitro de leche. Un conteo menor a 200,000 cel. /ml indica una ubre sana. Esta herramienta nos ayuda en los programas de control de mastitis subclínicas ya que proveen de información para conocer el nivel de infección que se tiene en el establo, el avance que llevamos en el control de la mastitis, identificar vacas problema, evaluar al personal encargado de ordeñar las vacas.

Los programas de control de mastitis están orientados a reducir el riesgo de infecciones, evitar nuevas infecciones y a reducir la duración de la enfermedad si ocurre la infección. Las prácticas de manejo implementadas para disminuir el riesgo han sido proveer a la vaca con un lugar limpio y confortable para descansar un echadero individual, limpieza frecuente de deyecciones en los pasillos de circulación, áreas de descanso y corrales. En las sala de ordeño evitar el riesgo y nuevas infecciones se ha traducido en prácticas orientadas a extraer la leche de vacas bien estimuladas para su eyección con tetas limpias desinfectadas y secas, en estudios en Estados Unidos de América las tecnologías que más usaron los establos grandes para evitar nuevas infecciones son: corrales de retención con lavado de ubres, presellado del pezones, despunte de los primeros chorros de leche, sellador al finalizar la ordeña, uso de toalla individual para secar las tetas, uso de guantes para ordeñar, retiradores automáticos de unidades de ordeña, envío de muestras de leche para cultivo (USDA 2007, Khanal 2010).

2.3 Reproducción

El enfoque de reproducción en la Medicina de Producción trata de equilibrar los factores que potencian la mayor producción de leche en la vaca y que aporte la mayor rentabilidad de hoy, con los medios más rentables para proveer la siguiente generación de hembras en el hato que sustituyan vacas de hoy con hembras genéticamente superiores.

Lograr un flujo constante de vacas en su etapa de mayor producción láctea, pico de lactancia, ha demostrado ser la estrategia adecuada en la empresa lechera para incrementar la productividad. Aunado a la alimentación la reproducción del ganado es un factor esencial en la empresa ya que para que una vaca produzca leche debe previamente haber concebido una cría y realizar un parto.

El incremento de producción de leche logrado a través de la intensa selección genética ha conducido a la vaca lechera actual a disminuir su fertilidad, particularmente en la raza Holstein–Friesian (Walsh, 2011). Factores relacionados con esta disminución en las primeras semanas después del parto son la pérdida de peso o condición corporal que presenta las vacas después del parto por la demanda de energía requerida para la alta producción y su incapacidad para consumir la que necesita haciendo uso de la energía acumulada en su cuerpo conduciéndola a un periodo de balance energético negativo cuyas consecuencias se reflejan en cambios endocrinos, fisiológicos y metabólicos donde se ve comprometida la competencia inmunológica del animal incrementando el riesgo a infecciones, el riesgo incrementado de presentar enfermedades metabólicas como hipocalcemia, cetosis, hígado graso, desplazamiento de abomaso.

También esta brecha entre el requerimiento de energía y proteína y su capacidad de ingestión junto con otros factores de salud y manejo conduce a que el reinicio de la actividad cíclica del ovario se atrase así como la disminución de manifestación y duración del celo que es el indicador utilizado para conocer el momento óptimo para inseminar una vaca.

Otros factores que inciden en la baja de fertilidad son aquellos que causan fallas en la capacidad de fertilización cuando hay decremento en el desarrollo y competencia de los

gametos como el estrés por calor, así como la sobrevivencia del embrión por un inadecuado ambiente uterino causado por infecciones o aumento de urea en sangre.

Los principales esfuerzos en prácticas de manejo y tecnología para lograr una mayor Eficiencia Reproductiva se orientan a disminuir los riesgos de aquellos factores que inciden en la reproducción tratando de lograr que la vaca tenga un parto sin dificultad con un mínimo o sin ninguna enfermedad postparto que reinicie su actividad reproductiva en un tiempo óptimo que lleve el feto a término y que para una cría viva así como proveer la cantidad adecuada de hembras de remplazo que tengan un parto a una edad de entre 22 y 24 meses y una genética con potencial superior de productividad que sustituyan a las vacas que son desechadas.

En los establos altos productores se ha implementado un manejo más proactivo para mejorar la eficiencia reproductiva usando programas sistemáticos de reproducción, utilizando tecnologías para el control de la ovulación y la inseminación a tiempo fijo como el *ovsinch*, la manifestación y detección de calores (estros) con uso de podómetros, parches, diagnósticos tempranos de gestación para reiniciar las vacas que se descubran vacías como el uso de detecciones progesterona en leche, ultrasonido. También el uso de semen sexado para preñar vaquilla y tener más hembras que remplacen a las vacas que dejan el hato, uso de embriones sexados o clonados para lograr mayores índices de preñez. Poniendo atención a la formulación de dietas, manejo del comedero, condición corporal, confort animal, disminuyendo el estrés por calor en periodos de alta humedad y calor extremo, cuidados en la salud de la pezuña (Stevenson, 2001).

2.4 Crianza de remplazos

Proveer los remplazos necesario con un costo mínimo y una calidad genética superior para sustituir aquellas vacas que abandonan el hato es el objetivo primordial de un programa de crianza de becerras.

Lograr que una vaquilla tenga su primer parto lo más pronto posible de entre 22 a 24 meses es un factor importante en la eficiencia económica de esta empresa, ya que cubrir los costos de su desarrollo comprometerá toda la ganancia que genere su primera lactancia.

Alcanzar esta meta se logra sólo poniendo atención a momentos críticos de la crianza. Actuando de una manera proactiva después del nacimiento, teniendo un espacio adecuado donde alojarla para minimizar el riesgo de contraer infecciones, asegurándose que la ingestión de calostro es el adecuado en volumen y en tiempo ya que nace inmunológicamente incompetente para defenderse y es el único modo de transferirle defensas.

También asegurando un consumo adecuado de nutrientes a través de la leche en el periodo de lactancia para lograr ganancias de peso óptimo y que inicien rápido el consumo de concentrados para que desarrollen su rumen y puedan ser destetado de manera temprana. Además, disminuir los riesgos de trastornos de la salud implementada programas de verificación de salud y programas prevención de enfermedades con vacunación.

Otro momento crítico es durante el desarrollo donde hay que monitorear la ganancia de peso para ofrecer una dieta adecuada y lograr el tamaño adecuado para su reproducción. Implementar programas de reproducción que logren preñar a las vaquillas en un peso y tamaño óptimo y en el menor tiempo posible con semen de calidad genética superior.

El gerente de una empresa siempre trabaja en dos dimensiones del tiempo, en el presente para que la empresa tenga éxito y ganancias pero también en el futuro para que también sea capaz de crecer y prosperar por lo que la empresa de crianza de becerras es una inversión en el futuro y su rendimiento sólo se experimentará y validará en el futuro del negocio lechero.

2.5 Salud de Hato

El enfoque de control de enfermedades se refiere a un punto de vista más preventivo poblacional que curativo individual donde trata de integrar los factores que inciden en la salud y enfermedad del ganado, los costos y pérdida de productividad del animal enfermo, así como los medios y procedimientos para detectar las causas de enfermedad, disminuir las fuentes de infección y promover y mejorar la salud del animal. Incluye el registro y conocimiento de la frecuencia de enfermedades, el análisis de la efectividad de los programas de control, evaluación de la implementación y ejecución de los programas.

La enfermedad es considerada como la interacción entre los factores: agente, hospedero y ambiente. La salud es un estado de equilibrio de estos factores.

La manera económica más efectiva de disminuir las enfermedades y las pérdidas productivas es la prevención más que el tratamiento.

Algunas medidas preventivas a implementar para reducir o evitar la enfermedad:

- Nutrición adecuada para mantener el nivel de defensa de animal
- Inmunización para incrementar la resistencia a los agentes infecciosos
- Reducción del estrés por medio de alojamientos adecuados con buena ventilación donde las vacas puedan expresar su comportamiento natural y disminuya los riesgos del medioambiente y aumente el confort animal.
- Cuarentena y aislamiento o segregación para inhibir la transmisión de agentes patógenos.
- Tratamiento y profilaxis adecuados a los animales que han presentado la enfermedad.
- Limpieza y Desinfección de áreas clave para evitar la diseminación de patógenos.
- Desecho y sacrificio de animales portadores de enfermedades de riesgo (*i.e.* tuberculosis, brucelosis, estafilococos áureos, etc.).

El registro adecuado de incidencia y frecuencia de enfermedades, los resultados de tratamientos a casos clínicos, los costos de tratamientos. Ellos suministran la información para estructurar, organizar, evaluar y sistematizar el plan de salud.

2.6 Economía y Administración

La lechería actualmente está dejando de ser un modo de ganarse la vida, que frecuentemente resultaban en un caos ingobernable e impredecible y nada rentable, para convertirse en un negocio complejo de mayor magnitud y más rentables, en empresa que debe ser administrada con principios gerenciales universales para ser eficaz.

La explotación lechera para ser exitosa necesita aplicar los principios empresariales que practican los negocios de éxito en otras industrias, aquellos que ayudan a equilibrar los factores de la producción que dan mayor rendimiento con el menor esfuerzo. (Fuhrman, 2006).

Los principios gerenciales son:

- Establecimiento de objetivos según resultados deseados
- Organización del trabajo para la mayor eficiencia y productividad
- Entrenar y motivar a los empleados para que implementen los sistemas de trabajo
- Monitorear los sistemas de trabajo y el personal que los implementa para asegurar los resultados deseados

El empresario lechero organiza el trabajo del establo en sistemas donde se especifica las acciones a realizar en cada tarea e influencia a los individuos a implementarlas apropiadamente, coloca al personal en las tareas adecuadas, les comunica las metas a alcanzar y como alcanzarlas, los adiestra en las tareas específicas a realizar, crea los motivos para que los individuos realicen su trabajo correctamente. Verifica el desempeño de los sistemas creando el sistema de información que colecta datos, los analiza e interpreta y que le ayuda tomar decisiones sobre la aplicación de los sistemas su continuación o corrección.

También establece la provisión adecuada de recursos físicos y financieros para lograr las metas de la empresa. Fija objetivos de ganancia monetaria que le darán la compensación justa por su inversión, utilidades necesarias para la supervivencia y prosperidad del negocio. Fija el sistema de monitoreo contable que le ayuda a verificar el desempeño económico de toda la empresa.

2.7 Ecología y bienestar animal

Actualmente la población en general está más informada y consiente del impacto ecológico y de bienestar animal que generan las explotaciones ganaderas. El empresario ganadero debe estar atento a las inquietudes del público en estos temas pues su descuido tiene un impacto severo en la industria lechera.

Los residuos que genera la actividad lechera tienen impacto sobre el suelo, el agua y el aire de la zona donde está establecida. El manejo de excretas evita que los animales entren en contacto íntimo con sus excrementos previniendo enfermedades, evita escurrimientos no permitidos al ambiente, permite disminuir el impacto de niveles altos de nitritos y fosforo en los suelos y en el agua, evita contaminación del agua de ríos y mantos acuíferos por microorganismos patógenos, ayuda en el control de moscas al evitar su desarrollo, además contribuye a los ingresos del establo al venderse como un producto para la fertilización orgánica de terrenos agrícolas.

El buen trato a los animales implica proveerlos de alojamientos adecuados para que expresen con seguridad su comportamiento natural como comer, descansar, beber agua, socializar. Donde se disminuya el impacto de las inclemencias del ambiente como calor extremo, frío extremo, humedad extrema. Entrenarlos para que se habitúen a un manejo adecuado que evite el miedo y favorezca que permanezcan calmados sin estrés. También un sistema adecuado de sacrificio y desecho de animales que no cumplen su función productiva y que evite al máximo su sufrimiento.

El productor lechero debe asegurar las condiciones higiénicas, sanitarias e inocuidad de los productos que ofrece al mercado mediante sistemas que eviten o minimicen los residuos de productos químicos que puedan contaminarlos y que aseguren no llegan al consumidor final.

2.8 Control de datos

El empresario lechero analiza el desempeño total del establo, lo valora e interpreta a través de mediciones luego comunica el significado de sus mediciones y descubrimientos a sus subordinados y determinan si los sistemas están siendo implementados adecuadamente para obtener los resultados deseados.

La lechería actual genera una cantidad enorme de datos que abruman la capacidad de analizarlos. Entonces ¿Cuáles son los datos adecuados que se deben registrar? Son todos aquellos que generaran la información que necesita cada sistema de la empresa para medir su desempeño actual y su contribución al resultado de la empresa, para hacer los cambios necesarios y lograr los resultados deseados.

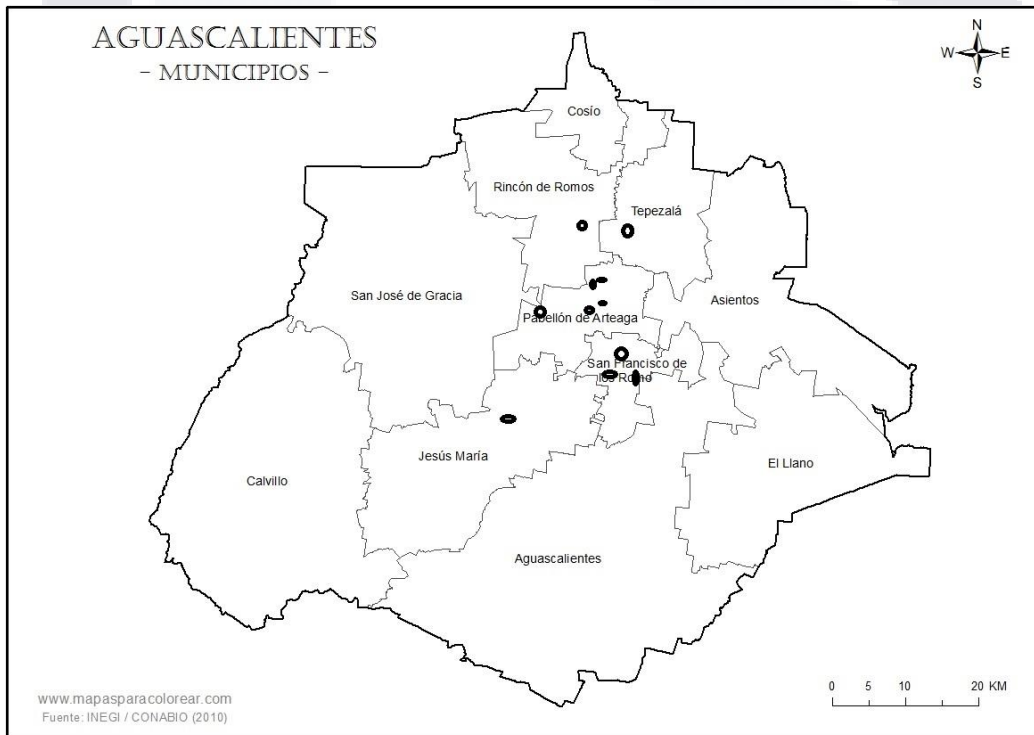
El control de datos sistematiza el monitoreo y evaluación de los sistemas, la personas que los implementan y los resultados de la implementación de los mismos. A través de un registro adecuado de los datos elegidos previamente por cada área del establo. Una organización adecuada de los datos, su interpretación y análisis a la luz de unas metas preestablecidas del desempeño del personal y productividad del ganado. Además, presentar los resultados del análisis con unos reportes de calidad, que ayudan a los involucrados a detectar las desviaciones en su desempeño y aplicar las acciones correctivas necesarias, ayudan al dueño a tomar decisiones más acertadas.

Sin la computadora y los programas de cómputo sería bastante complicada la organización de la información y el reporte ágil de su análisis, por esto se convierten en una herramienta indispensable en el establo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El sitio donde se realizó el estudio es en el Valle de Aguascalientes, el cual se encuentra en la zona centro-norte de México Al norte $22^{\circ}27'$, al sur $21^{\circ}38'$, de latitud norte, al este $101^{\circ}53'$, al oeste $102^{\circ}52'$ de longitud oeste. El estado se encuentra en la región denominada templada y cuenta con una altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m) de 2700 m. El clima del estado es considerado semi-seco con una temperatura media anual de 17.4° C y una precipitación pluvial media de 526 mm; el periodo de lluvia comprende a él verano; en las otras estaciones las lluvias suelen ser de baja intensidad.



3.2 Identificación y caracterización de los ranchos en estudios

El estudio se realizó en 6 ranchos altos productores y 8 hatos bajos productores de leche de la región los cuales se listan a continuación (los datos de los productores se omiten para mantener la confidencialidad de la información).

Tabla 2. Lista de establos bajo estudio

Rancho altos productores	Ranchos bajos productores
CB	AGR
GL	GAA
RA13	GEL
PZ	GHM
GMJLGE	JALH
GMJDGE	JEP
	JJB
	URC

Los ranchos fueron clasificados según su nivel de tecnología y número de cabezas de ganado según los criterios establecidos por los participantes en este proyecto de investigación de la siguiente manera:

- Caracterización por nivel de tecnificación
- Caracterización por tamaño y forma de trabajo

3.3 Caracterización de los establos por nivel de tecnología.

Los niveles de tecnificación se califican del D, el más rústico y menos tecnificado, hasta el Nivel A, que tiene el mayor nivel de tecnificación. Debido a que la tecnología continúa avanzando, se han previsto dos niveles superiores: AA y AAA, que ya cuentan con niveles de tecnificación altísimos, que incluyen manejo computarizado y robotización.

Nivel D: Establos con ordeña manual, corrales de alambre de púas y postes de madera, sin sombras para el ganado, no posee tanque enfriador, vende su leche sin enfriamiento, no posee asesor nutricionista ni tiene una ración integral para el ganado.

Nivel C: Establos con carrito de ordeño o equipo fijo de ordeño en una pequeña área de ordeño, corrales de alambre de púas y postes de madera, sin sombras para el ganado, no posee tanque enfriador, vende su leche sin enfriamiento, no posee asesor nutricionista ni tiene una ración integral para el ganado.

Nivel B: establos con sala de ordeña no automatizada, lavado en sitio (CIP), con descarga de leche directa al tanque enfriador, pesaje de leche manual con equipo tipo *Waikato*, pueden tener asesor nutricionista que elabora las raciones alimenticias del ganado, pueden poseer carro mezclador para elaborar la ración, pose sombras en sus corrales.

Nivel A: Establos con sala de ordeño automatizada, lavado en sitio (CIP), retiradores automáticos, identificación electrónica del ganado, pesaje de leche automatizado , enfriamiento de leche durante el flujo (placas de enfriamiento), tanque de almacenamiento de leche, corrales para el ganado con sombra, estabulación libre con echaderos individuales para el confort del ganado, corrales de tubos metálicos, dieta integral, carro mezclador de alimento, nutricionista asesor que elabora las dietas según los requerimientos nutritivos del ganado.

Nivel AA: Establos con el nivel A, pero además incluyen mayor nivel de obtención de datos (podómetros para medir pasos del ganado y detectar vacas en calor, puertas seleccionadoras para vacas y automatización de los procesos de alimentación, como son dispensadores de concentrados

Nivel AAA: Establos con todos los avances tecnológicos de los establos A y AA, pero ya cuentan con robots de ordeña, alimentación y limpieza de corrales robotizada.

3.4 Caracterización de los establos por tamaño o número de vacas

Los establos recibieron un valor numérico de acuerdo al tamaño de la empresa, basado en el número de vacas en línea de ordeña. La escala no es lineal, sino que toma en cuenta el manejo del hato y las problemáticas que encuentra. A continuación se describen los tamaños y sus principales características y problemas que enfrentan:

Tamaño 1 = 0-20 vacas: Ranchos familiares o de traspatio, son manejados y ordeñados por la familia

Tamaño 2 = 20-60 vacas: Ranchos pequeños, requieren ayuda de trabajadores, todavía no necesitan una sala de ordeña

Tamaño 3 = 60- 200 vacas: Ranchos en crecimiento, ya necesitan sala de ordeña y trabajadores especializados en la ordeña y en la alimentación y manejo de la cría.

Tamaño 4 = 200-500 vacas: Ranchos medianos, con alto manejo del ganado, mayores problemas de salud y operativos. Todavía no son rentables económicamente. La sala de ordeña que construyeron inicialmente ya les queda chica y tienen que invertir en una mayor.

Tamaño 5 = 500-1000 vacas: Ranchos grandes que ya pasaron el número limitante de 500 vacas, la sala de ordeño es de buen tamaño, hasta para 1500 vacas.

Tamaño 6 > 1000 vacas: Ranchos muy grandes, que ya tienen instalaciones y manejo optimizado. Son muy rentables económicamente.

Tamaño 7 > 4000 vacas.

3.5 Visitas de campo

Se realizaron visitas a los establecimientos al menos en cuatro ocasiones en el año.

- En primavera, donde las condiciones climáticas favorecen la producción lechera y existe una estabilidad en la producción de alfalfas de excelente calidad.
- En verano, durante la temporada de lluvias, se junta el calor y la humedad para producir estrés calórico, las condiciones climáticas favorecen la producción de moscas, la presencia de mastitis en los hatos así como una baja en la calidad de las pasturas que conduce a las vacas lecheras a disminuir la producción de leche
- En otoño, al final de la temporada de lluvias, todavía hay moscas, principalmente la *Stomoxys calcitrans*, que muerde a las vacas, continua la incidencia de mastitis en los hatos, la baja calidad de las pasturas continua lo que mantiene baja la producción de leche.
- En invierno, las vacas lecheras disfrutaban el clima templado, sin embargo, las pasturas crecen poco y tienen menor valor nutritivo.

Con estas visitas se obtuvo la siguiente información

- Datos de la computadora para el análisis productivo y reproductivo de las vacas.
- Datos de los registros que llevan manualmente los productores en los establos de baja producción.
- Datos de alimentación de cada nivel de producción (ingredientes, cantidad y costo).

En los caso de los rancho que contaban con análisis bromatológico de las raciones de altas productoras se analizaron las dietas con el programa de balanceo de raciones “New Rations 2017” (desarrollado por el Dr. Carlos U. Häubi Segura, Universidad Autónoma de Aguascalientes), basado en las ecuaciones de predicción del NRC 2001 (Requerimientos nutricionales del ganado lechero, 7ª ed.)

Los análisis bromatológicos incluyen el análisis químico proximal (AQP: materia seca, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, extractos libres de nitrógeno), Análisis de componentes de la pared celular (Van Soest: FDN, FDA y Lignina), cálculo de energía

(Total de nutrientes digestibles TND, energía digestible ED, energía metabolizable EM, energía neta de lactancia EN-lac).

3.6 Diagnóstico productivo

Se obtuvieron los datos de los registros productivos que se generan en la explotación y almacenados en los sistemas de cómputo de las empresas.

- Parámetros productivos
- Parámetros reproductivos

3.7 Captura de datos productivos y reproductivos

Los datos productivos se obtuvieron de los registros del programa de base de datos de manejo de hato que posee la empresa y almacenados en la computadora. En los establos bajos productores los datos se obtuvieron de los registros manuales que posee el productor. Los datos se transfirieron a una hoja electrónica de Excel (Microsoft) ordenados y codificados con cálculos necesarios para el análisis. Este se realizó con tablas dinámicas e inspección visual de datos generando graficas de dispersión, graficas de barras. También se obtuvieron datos por inspección visual de las instalaciones y los procesos que se llevan a cabo al momento de la inspección.

3.8 Cálculos de curvas de lactancia y requerimientos nutricionales

Para el análisis de datos fueron utilizaron los coeficientes de la Universidad de McGill (Montreal, Canadá) que corresponden al porcentaje de leche producido en un día específico con base en el total de leche producido en una lactancia ajustada a 305 días. Se ajustaron los valores para lactancias extendidas por medio de regresión lineal a partir del pico de lactancia (77 DEL) (Häubi y Gutiérrez, 2015). (Tabla 3).

Tabla 3. Coeficientes de la Universidad de McGill.

Coeficientes de la Universidad de McGill utilizados para calcular la proyección a 305 días del ganado, tanto para lactancias cortas como para lactancias extendidas.

Mes	Coeficientes originales (Univ. McGill) ¹			Coeficientes modificados lactancias extendidas ²	
	DEL (media)	Vaq 1 Lact.	Adultas	Vaq 1 Lact. extendida	Adultas extendida
1	16	0.348	0.371	0.348	0.371
2	46	0.409	0.421	0.409	0.421
3	77	0.397	0.4	0.397	0.4
4	107	0.381	0.376	0.385	0.3784
5	138	0.362	0.35	0.3629	0.3512
6	168	0.344	0.326	0.3415	0.325
7	199	0.323	0.299	0.3194	0.2979
8	229	0.301	0.276	0.298	0.2717
9	260	0.277	0.249	0.2759	0.2445
10	290	0.249	0.211	0.2545	0.2183
11	321			0.2326	0.1915
12	351			0.2109	0.1648
13	382			0.1891	0.1381
14	412			0.1674	0.1115
15	443			0.1456	0.0848

1 Fuente: Canadian Dairy Information Center. Dairy Production Lactation Curve. (<http://animsci.agenv.mcgill.ca/courses/450/topics/11.pdf>).

2 Curvas generadas por regresión lineal ($y = bx + a$): $-0.0084366x + 0.46503308$ para adultas y $-0.00065513x + 0.44831786$ para vaquillas.

3.9 Cálculos de la proyección a 305 días

El cálculo de la proyección a 305 días se realizó dividiendo la cantidad de leche producida en un día en leche específico (LecheDEL) entre el coeficiente correspondiente a los DEL (CoefDEL) y multiplicándolo por 100:

$$\text{Proy305} = \text{LecheDEL} / \text{CoefDEL} * 100$$

Debido a que los coeficientes originales fueron calculados para cada mes de lactancia y esto genera cambios muy bruscos en las curvas de lactancia y en la proyección a 305 días, se decidió ajustar un modelo matemático de regresión no lineal para obtener la interpolación de todos los puntos en el tiempo. Para esto, los coeficientes también se calcularon a partir de la curva generada por los parámetros originales de McGill (Tabla 3), ajustándolos con la ecuación gama incompleta de Wood (1967):

$$Y = a * t^b * \exp(-c * t)$$

Donde “a” es un parámetro que describe el máximo, “b” y “c” son parámetros de la curva, y “t” es el tiempo, en este caso, Días en Leche (DEL).

El ajuste de la curva y obtención de los parámetros a, b, c se realizaron por el método de los mínimos cuadrados utilizando el módulo de programación lineal SOLVER de la hoja de cálculo Excel (Microsoft).

*Tabla 4. Coeficientes de McGill para vacas adultas y para vaquillas de primer parto, modificados por la ecuación de Wood: $Y = a * t^b * \exp(-c * t)$*

McGill (DEL)	Adultas	Vaquillas
a	0.2235466	0.2040059
b	0.2094196	0.2167819
c	0.0041509	0.0034993

Para obtener un coeficiente para un día en leche específico (Coef@DEL) para vacas adultas y vaquillas de primer parto:

$$\text{Coef@DEL Adultas} = 0.2235466 * \text{DEL}^{0.2094196} * \exp(-0.0041509 * \text{DEL})$$

$$\text{Coef@DEL Vaquillas} = 0.2040059 * \text{DEL}^{0.2167819} * \exp(-0.0034993 * \text{DEL})$$

Por ejemplo:

Para una vaca de 200 DEL:

$$\text{Coef@DEL Adultas} = 0.2235466 * 200^{0.2094196} * \exp(-0.0041509 * 200) = 0.29559$$

Para una vaquilla de 120 DEL:

$$\text{Coef@DEL Vaquillas} = 0.2040059 * 120^{0.2167819} * \exp(-0.0034993 * 120) = 0.37845$$

Una vez que se ha obtenido los coeficientes se pasa a calcular la proyección a 305 días.

$$\text{Proy305} = \text{LecheDEL} / \text{CoefDEL} * 100$$

Para una vaca de 200 DEL. Y una producción de 25 kg el día del muestreo.

$$\text{Proy305} = 25 \text{ kg} / 0.29559 * 100 = 8'457 \text{ kg.}$$

Para una vaquilla de 120 DEL. Y una producción de 35 kg al día del muestreo.

$$\text{Proy305} = 35 / 0.37845 * 100 = 9'248 \text{ kg.}$$

3.10 Cálculos de requerimientos nutricionales

Los cálculos de los requerimientos nutricionales se realizaron en base a las ecuaciones del NRC 2001 para bovinos de leche.

$$DMI = [(0.372 * 4\% \text{ FCM}) + (0.0968 * BW^{0.75})] \times \text{lag factor.}$$

$$LAG \text{ FACTOR} = 1 - \text{EXP}(-0.192 * (\text{WOL} + 3.67))$$

Donde, DMI=Dry Mater Intake. Consumo de Materia Seca.

FCM= Fat Corrected Milk. Leche Corregida a Grasa al 4%

BW= Body Weight. Peso Vivo. $BW^{0.75}$ =Peso Vivo Metabólico.

WOL=Week of Lactation. Semana de Lactancia.

$$NEL \text{ (Mcal/kg)} = (0.0929 \times \text{Fat } \%) + (0.0547 \times \text{Crude Protein } \%) + (0.0395 \times \text{Lactose } \%)$$

Donde NEL= Net Energy of Lactation. Energía Neta de Lactancia.

$$NELm = 0.08 \times BW^{0.75}$$

Donde NELm =Net Energy of maintenance. Energía Neta de Mantenimiento.

$$ENG = \text{Ganando peso} = GDP * (\text{BCS} * 0.9 + 2). \text{ Perdiendo peso} = GDP * (\text{BCS} * 0.85 + 2).$$

Donde ENG= Energía Neta de Ganancia.

GDP= Ganancia diaria de peso.

BCS= Body Condition Score. Condición Corporal.

3.11 Cálculo de curvas inversas de la producción de solidos de la leche

Para calcular el contenido de grasa proteína y lactosa en la leche que reflejara los cambios de contenido de estos nutrientes en la leche durante el transcurso de la lactancia se utilizó un modelo matemático inverso de la ecuación de Wood 1967 para generar los coeficientes que corresponderían al porcentaje de grasa, proteína y lactosa producido en un día específico en base al total producido en una lactancia ajustada a 305 días.

$$Y = 1 / (a * t^b * \exp(-c * t))$$

Donde “a” es un parámetro que describe el máximo de la curva, “b” y “c” son parámetros de la curva, y “t” es el tiempo, en este caso, Días en Leche (DEL).

El ajuste de la curva y obtención de los parámetros a, b, c se realizaron por el método de los mínimos cuadrados utilizando el módulo de programación lineal SOLVER de la hoja de cálculo Excel (Microsoft), y datos de curvas promedio de grasa, proteína y lactosa de lactancias ajustadas a 305 días de vacas Holstein (University of Minnesota) y cambio de peso vivo y condición corporal (Van Amburgh, 1998) (Tabla 5).

Tabla 5. Parámetros a, b, c. Para grasa, proteína, lactosa y peso vivo (PV)

Parámetro*	Grasa	Proteína	Lactosa	PV Adulta	PV Vaquilla
a	0.1931	0.19782	4.5937	0.1360	0.1818
b	0.1162	0.1316	0.0115	0.066	0.0385
c	0.0011	0.00121	1.03229E-06	0.00094	0.00094

*Estos parámetros generados se sustituyen en la ecuación $Y = 1/(a * t^b * \exp(-c * t))$ para calcular los coeficientes que representan el porcentaje de producción de grasa, proteína y lactosa para el día específico de prueba.

El coeficiente lo multiplicamos por la producción de leche del día de la prueba y lo dividimos entre 100 para obtener la producción total de cada nutriente.

$$\text{Prod. Nutriente kg} = \text{Coef@ nutriente} \times \text{kg leche} / 100$$

Teniendo los cálculos de producción de grasa, proteína y lactosa podemos calcular el contenido de energía en la leche.

Multiplicando el contenido de grasa por 9.29 Mcal/kg nos arroja el contenido de energía proveniente de la grasa. El contenido de proteína por 5.47 Mcal/kg arroja el contenido de energía proveniente de la proteína y el contenido de Lactosa por 3.95 Mcal/kg. Arroja el contenido de energía proveniente de la lactosa. Sumando estos resultados tenemos el total de energía de la leche.

3.12 Modelo estadístico

Estudio de muestreo por conveniencia

Estadística descriptiva para análisis de datos reproductivos, productivos y económicos.

Exploración visual de datos de producción.

Ajuste de curvas de lactancia con el modelo matemático de Wood 1967.

Análisis estadístico por comparación de desviación estándar, error estándar de la media y coeficiente de variación.

Se realizó ANOVA por GLM para modelos factoriales 2x2 (Tipo de rancho A vs C x Adultas vs vaquillas)

La separación de medias se realizó por el método HSD Tukey a un nivel de confianza del 95%.

Paquete estadístico Statgraphics Centurion XV (StatPoint, Inc., VA)

Nota: los Datos no siempre siguen normalidad por efecto de selección artificial

Modelo

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + T_i B_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} es la variable dependiente

μ es la media de la variable medida

T_i es el factor Tipo de Rancho (A, alta tecnificación, C, mínima tecnificación)

B_j es el tamaño del rancho (1: 0-20 vacas; 2: 20 a 60 vacas; 3: 60 a 200 vacas; 4: 200 a 500 vacas; 5: 500 a 1500 vacas; 6: más de 1500 vacas).

$T_i B_j$ es la interacción entre el tipo de rancho y el tamaño

ϵ es el Error dentro del grupo muestral.

4. RESULTADOS

Los resultados se presentan de la siguiente manera.

En el punto 4.1 se presenta la **caracterización de los establos estudiados**, cuyo criterio utilizado fue, según su nivel de tecnificación, del nivel D, el más rústico y menos tecnificado, hasta el nivel A, que tiene el mayor nivel de tecnificación. El segundo criterio es por el número de vacas, desde el tamaño 1, con hasta veinte vacas, llegando al tamaño 6, poseyendo hasta más de mil vacas. En este estudio dentro de los establos estudiados ninguno poseía características para clasificarlo en el nivel de tecnificación D.

Seguidamente, en el punto 4.2, se presentan los resultados del **análisis de los datos productivos**, iniciando con la comparación de las curvas de lactancia de los establos según el nivel de tecnificación y tamaño (4.2.1), y el análisis de la producción por tipo de rancho y número de lactancia de las vacas (4.2.2). A continuación los resultados de la producción de leche lograda según el tipo de dieta alimenticia ofrecida a las vacas (4.2.3), para la cual los establos siguen dos métodos. El primero es ofrecer una dieta única para todas las vacas no importando el nivel de producción de leche o sus días en leche (DEL Días en Leche, o días transcurridos desde el parto). El segundo es ofrecer una dieta diferenciada según su estadio productivo, DEL y cantidad de leche producida, clasificándola en dietas para vacas frescas, altas productoras, medianas productoras y bajas productoras. Termina esta sección con los resultados de **producción de leche según el tipo de dieta y tipo de rancho** (4.2.4)

En el punto 4.3 se presentan los resultados de la **eficiencia de la utilización de energía neta de lactancia** presente en la dieta para producción de leche según el tipo de dieta.

Finalmente, en el punto 4.4 se presenta el **análisis de la producción a través de la proyección a 305 días**, según el tipo de establo así como graficas de distribución de la proyección a 305 comparando establos bajo estudio por su nivel de tecnificación y número de vacas

4.1 Caracterización de los ranchos productores de leche de Aguascalientes

A continuación se presentan los resultados de la caracterización de los establos por tamaño (número de vacas: 1=0-20, 2=20-60, 3=60-200, 4=200-500, 5=500-1000, 6>1000) y nivel de tecnificación. (A=sala de ordeño automatizada, enfriamiento de leche durante el flujo de ordeño, tanque almacén de leche fría, carro mezclador, asesor nutricionista, corrales diseñados para el mayor confort etc. B= sala de ordeño sin automatización, recolección manual de datos, tanque enfriador de leche, etc. C= ordeña con carrito, sin tanque enfriador de leche, corrales de alambre de púas, sin asesor nutricionista, etc. D= ordeña manual, corral de alambre de púas, vende su leche sin enfriar)

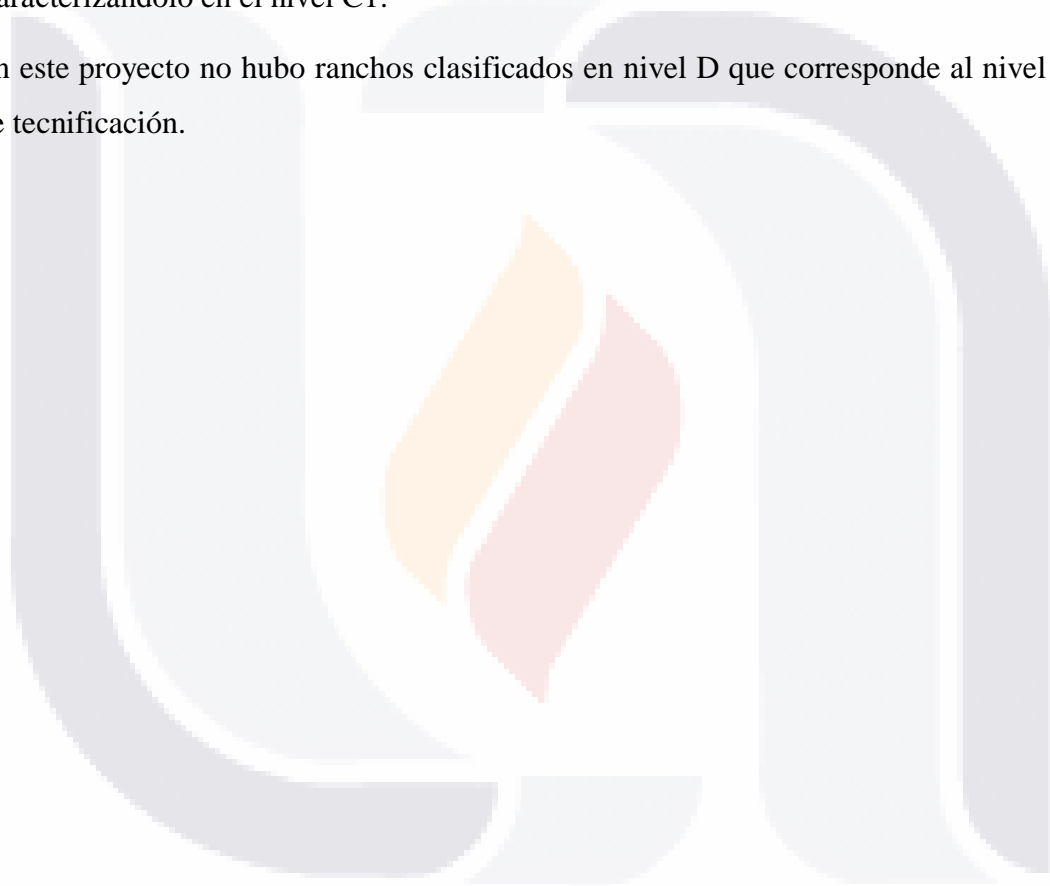
Tabla 6. Niveles de tecnificación y tamaño de los establos

Rancho	Nro. Vacas	Tipo (nivel de tecnificación)	Tamaño (1-6)	Clave
CB	550	A	5	A5
GL	1407	A	6	A6
RA13	108	A	3	A3
PZ	47	A	2	A2
GMJLGE	198	A	4	A4
GMJDGE	275	A	4	A4
AGR	19	B	1	B1
URC	64	B	3	B3
GAA	6	C	1	C1
GEL	47	C	2	C2
GHM	10	C	1	C1
JALH	22	C	2	C2
JEP	32	C	2	C2
JJB	16	C	1	C1

La Tabla 6 muestra cómo se clasifico los establos según el número de vacas y el nivel de tecnificación. Como ejemplo el establo CB pose 550 vacas se caracteriza en el nivel cinco, entre 500 y 1000 vacas, y en el nivel A, porque posee sala de ordeño totalmente automatizada, reparte la dieta con un carro mezclador, posee un asesor nutricionista, etc. Caracterizándolo en un nivel A5.

El establo GHM posee diez vacas y le corresponde el nivel uno, de una hasta veinte vacas y en el nivel C porque ordeña con carrito de ordeño, no posee tanque enfriador, etc. Caracterizándolo en el nivel C1.

En este proyecto no hubo ranchos clasificados en nivel D que corresponde al nivel inferior de tecnificación.



4.2 Análisis de los datos productivos de los Establos lecheros

4.2.1 Análisis de las Curvas de lactancia

A continuación se presentan las curvas de lactancia de vacas en los establos de mayor tecnificación (Tipo A) y establos de tecnificación baja (Tipo C). Contrastando también la diferencia de curvas por número de lactancias (primera lactancia o dos o más lactancias, Fig. 2).

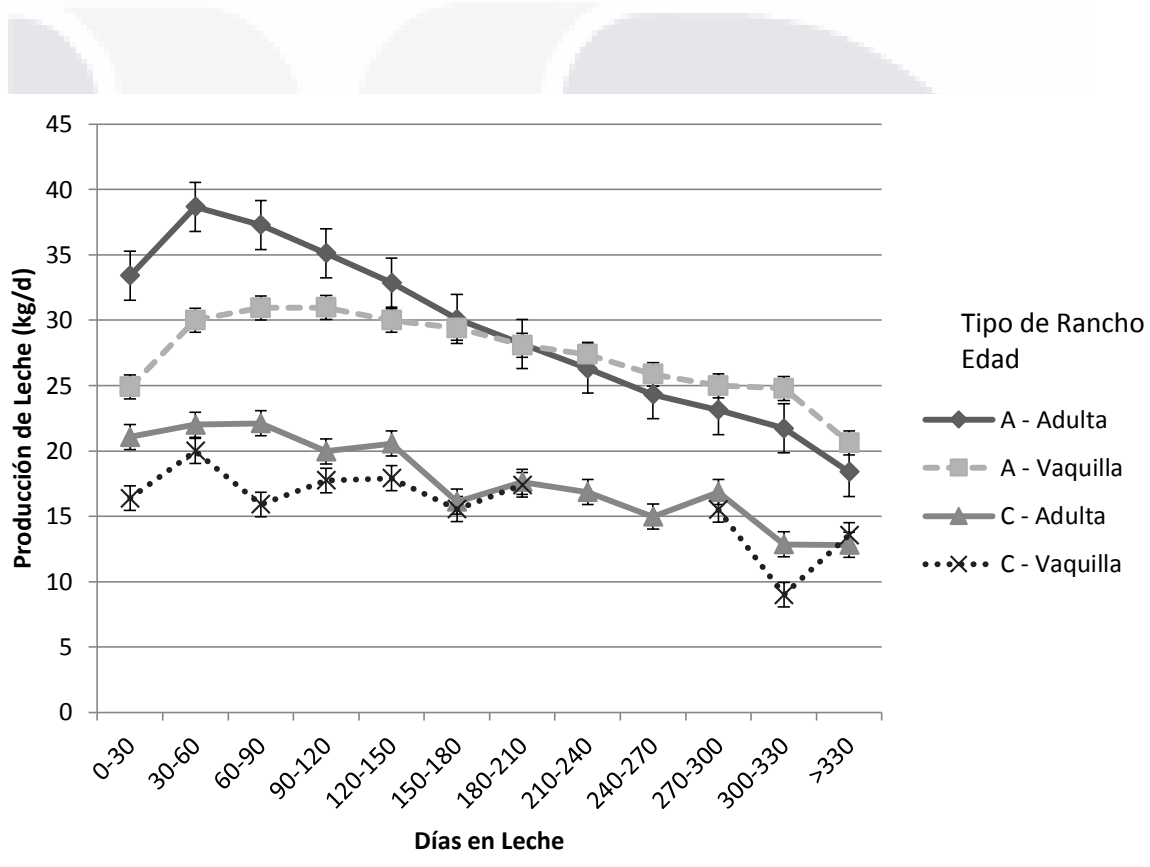


Figura 2. Curvas de lactancia de vacas adultas (>2 lactancias) y vaquillas (vacas de primera lactancia) en establos tipo A y C

En la Figura 2 y Tabla 7 se observa que las vacas adultas (dos o más lactancias) en establos tipo A logran curvas de lactancia promedio mayores que las vacas adultas en establos de tipo

C, ($9'838 \pm 3'702$ L/305d vs $6'349. \pm 3'266$ L/305d; $P < 0.0024$), alcanzan picos de producción promedio mayores (40 ± 15 L vs. 26 ± 13 L).

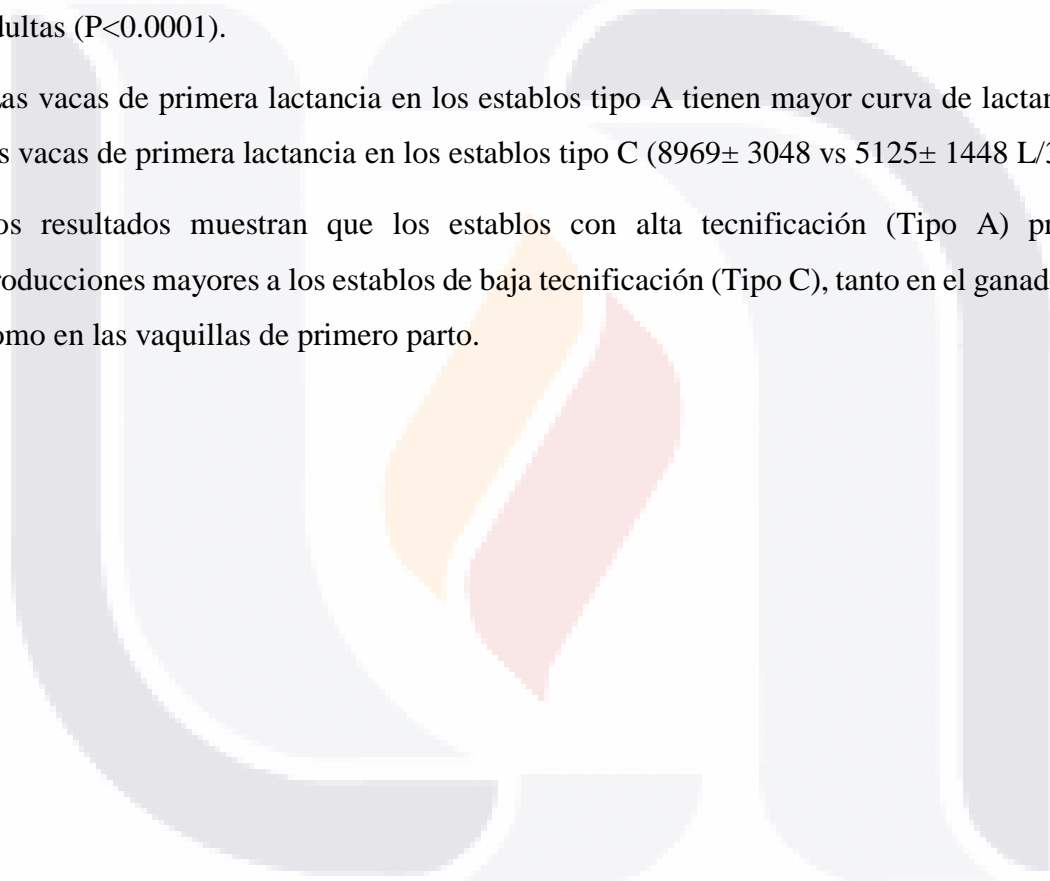
Las vacas adultas alcanzan mayores curvas de producción que las vaquillas (vacas de primera lactancia) en los establos tipo A (9838 ± 3702 L/305d vs 8969 ± 3048 . $P < 0.0001$).

Las vacas adultas de los establos tipo C tienen curvas de lactancia menores que las vacas de primera lactancia en los establos tipo A (6349 ± 3266 vs 8969 ± 3048 L/305d).

Las vacas de primera lactancia en general tienen curvas de lactancia menor que las vacas adultas ($P < 0.0001$).

Las vacas de primera lactancia en los establos tipo A tienen mayor curva de lactancia que las vacas de primera lactancia en los establos tipo C (8969 ± 3048 vs 5125 ± 1448 L/305d).

Los resultados muestran que los establos con alta tecnificación (Tipo A) presentan producciones mayores a los establos de baja tecnificación (Tipo C), tanto en el ganado adulto como en las vaquillas de primero parto.



4.2.2 Análisis de la producción por tipo de rancho y número de lactancia de las vacas

La tabla siguiente muestra la producción promedio diaria de leche por tipo de establo (A y C) y por el número de lactancia de las vacas presentes en estos, así como la proyección de la producción a 305 días. (Tabla 7).

Tabla 7. Producción promedio y tipo de explotación

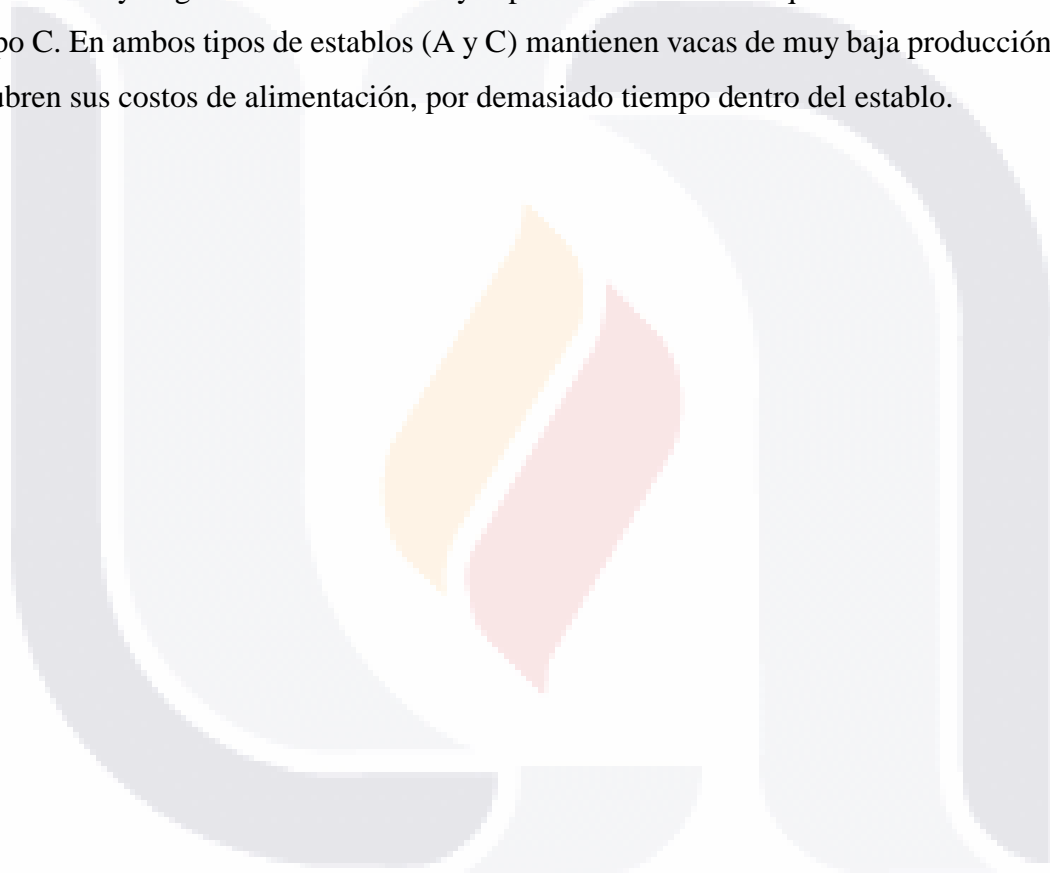
Tipo hato	Adultas		Vaquillas (1er Lactancia)	
	A	C	A	C
No. de vacas	12390	196	8428	44
Proyección 305d ¹	9838±3702	6349±3266	8969±3048	5125±1448
Producción (L /día)	32±12	21±11	29 ±10	17±5
Pico de producción(L)	41 ±15	26±14	36 ±12	21±6
Prod. al secado (L/d)	18±8	13±3	20±7	13±4
e.e.m. ²	30.9	246.1	37.5	519.4
CV% ³	37.62%	51.42%	33.97%	28.26%

1. Media y Desviación estándar, 2. e.e.m.: Error estándar de la media = DesvEst/raíz(n), 3. CV% = DesvEst/Media

La Tabla 7 muestra la producción promedio de leche de vacas adultas de ranchos tipo A y C (32 ±12 L/d vs. 21 ±11 L/d). Las vacas adultas de los ranchos tipo C tienen una producción

promedio menor que las vacas de primera lactancia en los ranchos tipo A (21 ± 11 L/d vs 29 ± 10 L/d). Se observa que las vacas de primera lactancia en los establos tipo A llegan al periodo de secado con mayor producción que las vacas adultas en establos tipo C (18 ± 8 L/d vs 13 ± 3 L/d). También destacan coeficientes de variación muy grandes para cada grupo de vacas y tipo de establo, muestran una dispersión grande de datos, se asume que los establos siguen manteniendo vacas no productivas por un tiempo prolongado en los establos.

La vacas en los establos tipo A logran picos más altos de producción, mayores proyecciones a 305 días y llegan al secado con mayor producción de leche que las vacas en los establos tipo C. En ambos tipos de establos (A y C) mantienen vacas de muy baja producción, que no cubren sus costos de alimentación, por demasiado tiempo dentro del establo.



4.2.3 Análisis de la producción por tipo de dieta

Para el interés de esta investigación se asume la siguiente clasificación de la dieta según el estadio productivo de las vacas y el aporte de energía neta de lactancia por día según los requerimientos del animal en:

- Ración de Frescas: vacas entre 1-21 días en leche mayor energía, fibra y proteína.
- Ración de Altas: vacas entre 21-150 días en leche y producción mayor a 25 litros con mayor energía.
- Ración de Medias: vacas con más de 150 días en leche y producción entre 25 y 15 litros, nivel de energía neta de lactancia intermedia.
- Ración de Bajas: vacas con más de 150 días en leche y producción menor a 15 litros, con menor requerimiento de energía y de proteína.
- Ración o Dieta única: ofrecida a todas las vacas independientemente de su estadio y nivel de producción.

A continuación se presenta la tabla 8 con los requerimientos nutricionales del NRC 2001 según el estadio productivo y nivel de producción

Tabla 8. Requerimientos nutricionales del NRC 2001 según estadio productivo y nivel de producción.

DIETA	PREPARTO	FRESCAS	ALTAS	MEDIAS	BAJAS	SECAS
DEL	-21 – 0 días	1-21 días	21-150 días	151-250 días	>250 días	-60 -21
Producción		X L/d	>25 L/d	15-25 L/d	<15 L/d	
Requerimientos NRC 2001. Holstein 680 kg PV, Grasa L=3.5 %, Prot. L= 3.0 %, Lactosa=4.8 %						
CC	3.3	3.3	3.0	3.3	3.7	3.3
DEL	-14	11	90	200	280	-40
Leche kg	0	25	45	22	15	0
CMS kg	13.7	13.5	26.9	20.1	17.56	14.4
GDP kg	0.67	-0.9	0.1	0.3	0.3	0.67
ENL Mcal/d	22	27.9	41.8	28	19.04	14.0
PC %	12.8	17.5	16	14.7	13	9.9
FDN %	38	25-33	25-33	25-33	25-33	33

La tabla 8. Presenta los requerimientos de Energía Neta de Lactancia, Proteína Cruda, Fibra Detergente Neutra, Consumo de Materia Seca de una vaca Holstein de 680 kg de peso vivo según su producción de leche, días antes y después del parto (DEL) y su condición corporal.

A continuación se compara el tipo de rancho y su producción de leche, donde se observa que los establos tipo A logran mayor producción de leche con dietas diferenciadas del tipo de altas productoras que los establos tipo C con dietas únicas (Figura 3).

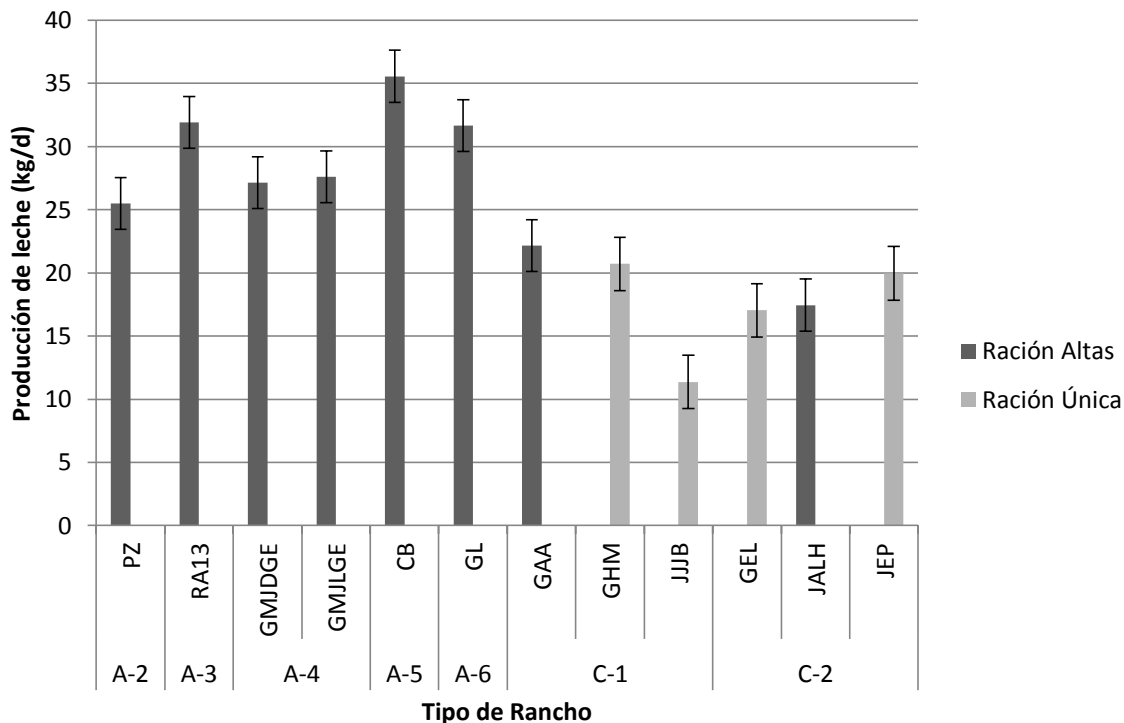


Figura 3. Producción promedio de leche y el tipo de dietas ración de altas productoras o Ración única y el tipo de Rancho A, C.

En la Figura 3 se muestra que ofrecer dietas diferenciadas según el nivel de producción y días en leche en lo establos tipo A los ayuda a lograr mayor producción promedio de leche por día que los establos tipo C que ofrecen una dieta no diferenciada (única). De forma contrastante, en los establos JALH y GAA (tipo C) trata de ofrecer una dieta diferenciada pero no alcanza los niveles de producción del tipo A porque aunque es diferenciada no logra cubrir los requerimientos para el estadio productivo de las vacas altas productoras.

4.2.4 Análisis de la producción con Ración de Altas vs. Ración Única

En esta sección se muestra la producción promedio de leche por tipo de rancho y tipo de dieta (Ración Altas vs. Ración Única). Los ranchos tipo B (tecnificación intermedia) muestran que con ración única alcanzan producciones similares a los de tipo A (Figura 4).

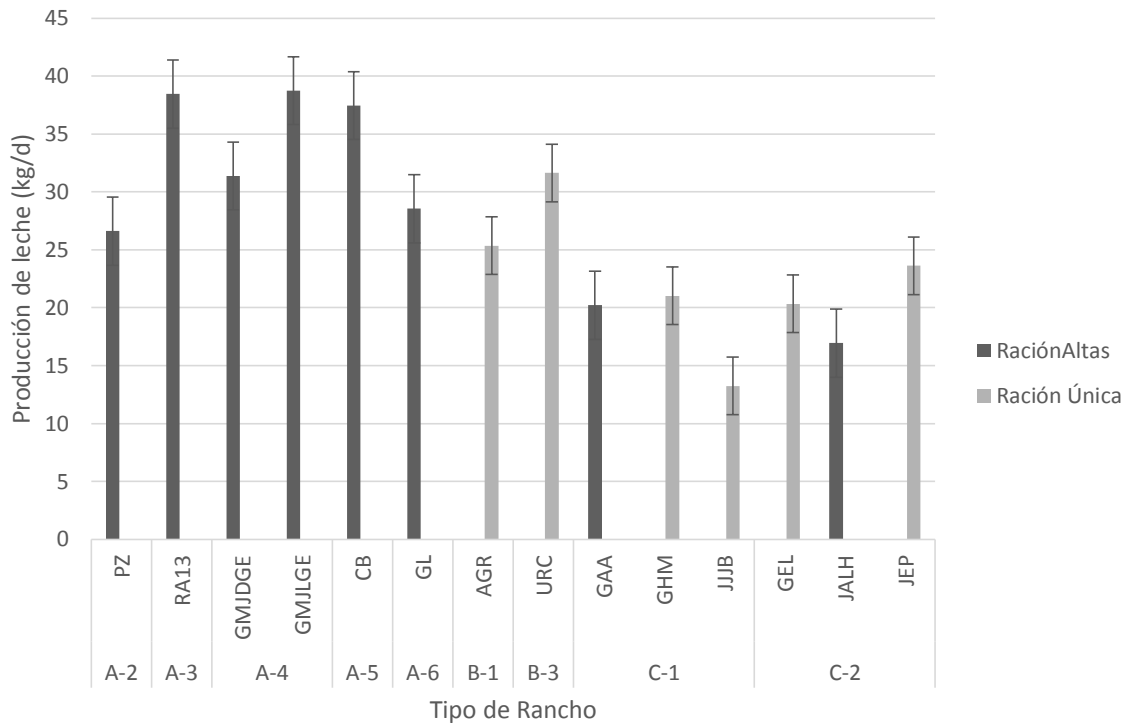


Figura 4. Producción promedio de leche, tipo de dieta ración de alta o ración única y tipo de explotación A, B, C.

En la Figura 4 se muestra como ranchos de tipo B ofrecen una dieta tipo única y logran producciones de leche promedio por día muy similares a los establos tipo A. Lo logran, con tecnología no tan sofisticada como los establos tipo A. Relacionando esta figura con la figura siguiente (fig. 5) se observa que los ranchos tipo B ofrecen un mayor aporte de energía en sus dieta cercanos a los tipo A. Esto se interpreta que se puede lograr el aporte de nutrientes adecuado a las vacas sin tecnología muy sofisticada y que los establos de tipo C pueden implementar este tipo de dietas sin adquirir tecnología compleja.

4.3 Eficiencia en la utilización de energía de la dieta para la producción de leche

En la Figura 5 se muestra el aporte de energía neta de lactancia en Mcal por día en dietas para altas productoras y dietas únicas según el tipo de explotación. Se observa un mayor aporte de energía en las dieta de los establos de mayor tecnificación. Relacionándolo con la Figura 3, se demuestra que establos que dan mayor energía en las dietas logran mayor producción de leche.

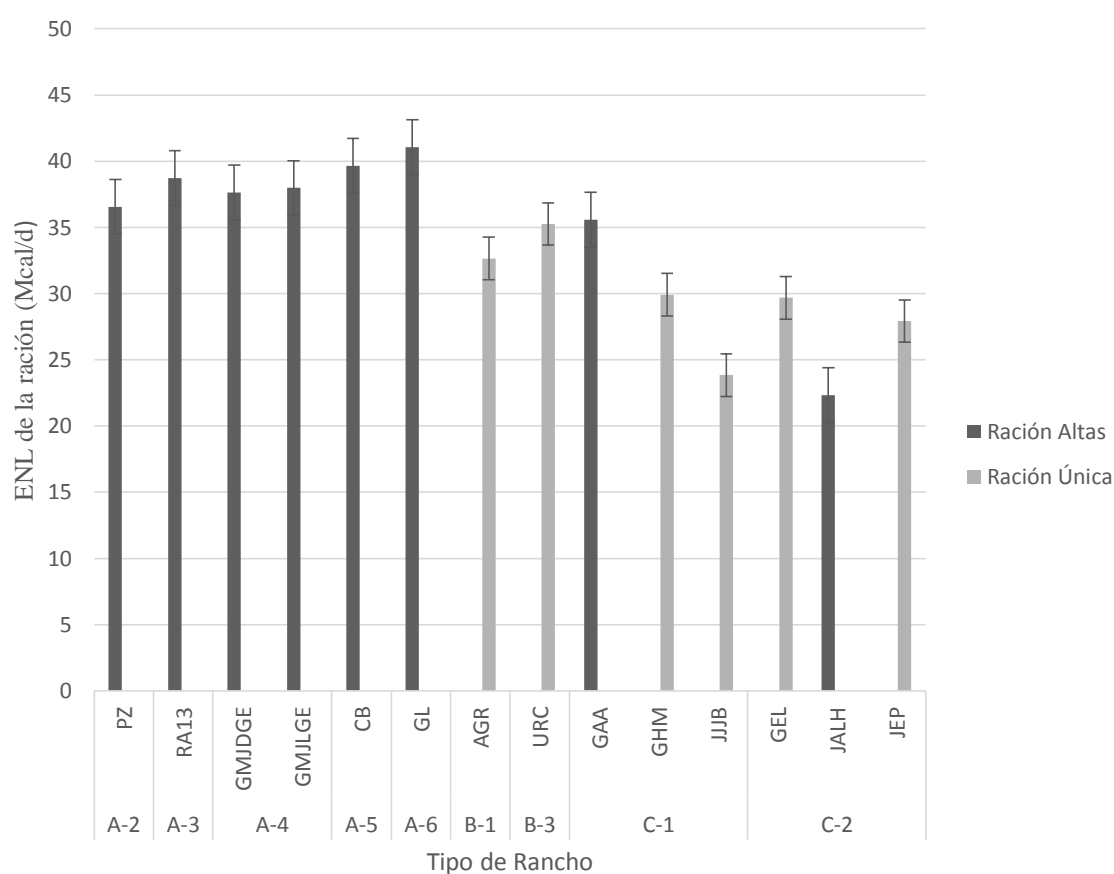


Figura 5. Nivel de energía de la dieta (ENL Mcal/día) ofrecidas a las vacas en altas producción (>25 L/d) según el tipo de dieta: Ración de Altas vs. Ración Únicas, y según el tipo rancho (Tipo A, B, C) y su tamaño (1- 5).

En esta Figura 5 se muestra que los establos tipo A aportan un mayor nivel de energía neta de lactancia en su dietas que los establos tipo C (39.2 Mcal ENL /d. vs 27.3 Mcal ENL/d. $P < 0.00001$).

Los establos tipo B logran un aporte de energía neta de lactancia (34.4 Mcal ENL/d) muy cercana a los establos tipo A con una tecnología menos compleja. El establo GAA (tipo C) ofrece un aporte de energía neta de lactancia similar a los establos tipo B con una dieta diferenciada para las vacas altas productoras pero su promedio de producción es menor a 25 kg/d (Figura 4) posiblemente porque la proporción de vacas altas productoras en su establo es pequeña.

Los establos tipo A aportan un mayor nivel de energía neta de lactancia. También demuestra que se puede lograr un aporte adecuado de energía neta de lactancia sin una tecnificación muy sofisticada (dietas única en establos tipo B vs. dietas de Altas en establos tipo A). Además los establos de menor sofisticación tecnológica deberían estar atentos en la reproducción de sus vacas y que están tengan sus partos más frecuentemente para mantener una mayor proporción de vacas en su estadio de mayor producción (1-150 DEL).

El aporte de ENL (Mcal/d) en la dieta se presenta a continuación (Figura 6). Se observa una mayor oferta de ENL en los establos tipo A durante los dos primeros tercios de la lactancia, mientras que los establos tipo C ofrecen menos de 30 Mcal/d durante toda la lactancia.

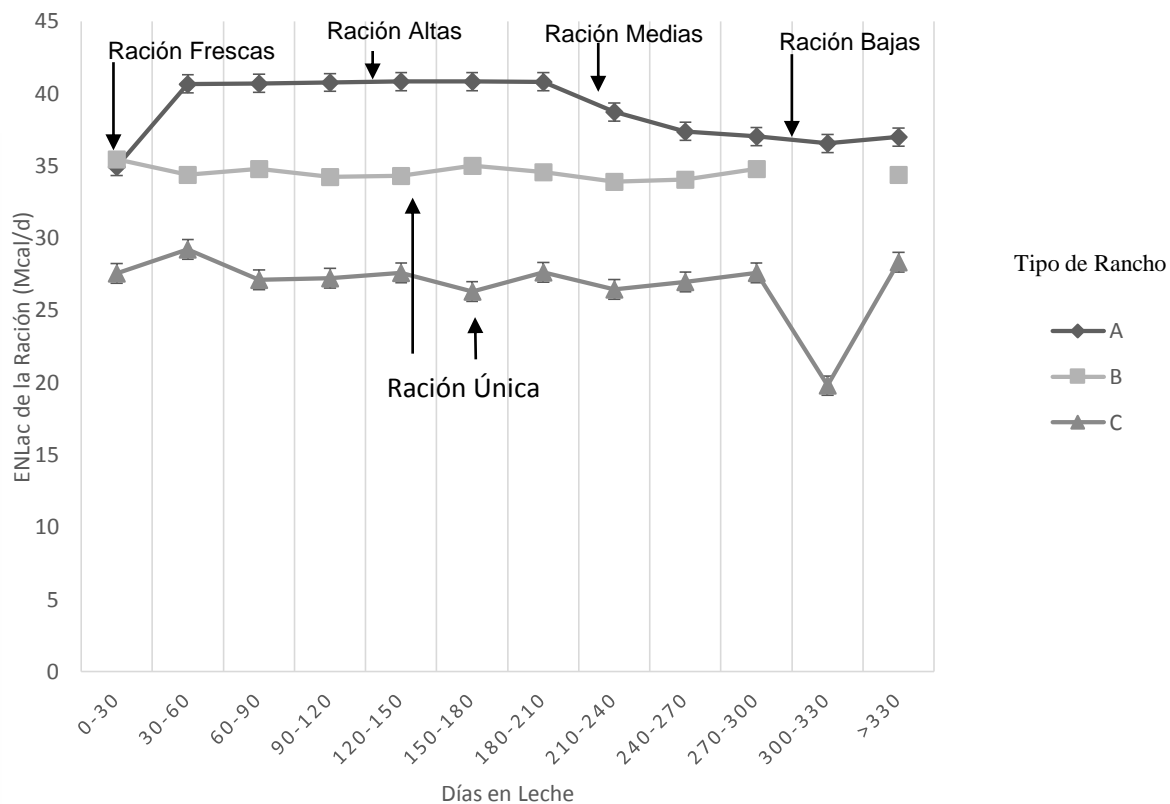


Figura 6. Nivel de energía neta de lactancia ofrecido en las raciones según el tipo de rancho y durante el transcurso de la lactancia

La Figura 6 presenta la energía neta de lactancia ofrecida en las raciones durante la lactancia. Se detecta un aporte mayor de energía neta de lactancia en la dieta de las vacas de los ranchos de nivel A con respecto a los ranchos de nivel B y C (39.2 vs 34.4 y 27.35 Mcal/d. $P < 0.00001$). El mayor aporte de energía en las raciones de los ranchos tipo A se aprecia en los dos primeros tercios de la lactancia, tratando de lograr mayor consumo y cubrir los requerimientos del ganado, a diferencia de los establos tipo C, que mantienen un ofrecimiento

menor de energía durante toda la lactancia y no logran aportar adecuadamente los requerimientos de energía del ganado.

Relacionando las Figuras 5,6 y 7 se aprecia que la mayor eficiencia de conversión de energía neta de lactancia de la dieta a energía neta en la leche se logra con mayor aporte de energía.

Los establos de nivel B logran mayor eficiencia en conversión de energía de la dieta a energía de la leche, esto con un aporte menor de energía neta de lactancia en la dieta que los ranchos de nivel A. Estos resultados pueden deberse a que son ranchos más pequeños, con un mayor control del ganado y de la alimentación. Por otro lado, los ranchos Tipo A tienen un mayor número de vacas, y tienen un programa de alimentación que estimula el consumo de materia seca, lo que incrementa los costos de alimentación y disminuye la eficiencia energética. Sin embargo, en estos ranchos tecnificados el control de la alimentación es menos individualizado, ya que tienden a ofrecer el alimento a una mayor cantidad de animales. Contrariamente a lo que pudiera pensarse, esto no implica un costo mayor, porque el sobrante del alimento de las vacas adultas se va a las vaquillas, disminuyendo el desperdicio.

Los resultados de la eficiencia de la utilización de la energía neta de lactancia consumida para convertir a producción de leche se muestran en la Tabla 9. El ganado lechero tiene un requerimiento de energía para mantener las funciones vitales de aproximadamente 10 mega calorías de energía neta. Una vez cubiertos sus requerimientos la energía extra la destinara para producción, ganancia de peso o preñez. Las vacas que consumen la cantidad adecuada de energía según sus requerimientos de mantenimiento, producción, ganancia de peso son más eficientes para convertir cada mega caloría de energía consumida a leche, como en las dietas ofrecidas por los establos tipo A , B y C.

Tabla 9. Eficiencia en la utilización de la energía para producción de leche según el tipo de rancho (Tipo A, B, C) y el aporte de energía en la dieta ENL

	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Aporte de energía (ENtotal Mcal/día)	39.21	34.49	27.36
Desv. Est.	2.65	1.27	3.54
N	20818	112	240
e.e.m.	0.018	0.120	0.228
C.V. %	6.76	3.68	2.94
Eficiencia Energética %¹	51.73	56.75	40.27
Desv. Est.	17.52	15.22	12.67
e.e.m.	0.12	1.37	0.82
C.V.%	33.87	26.82	31.46

¹Eficiencia Energética = (ENI leche / ENtotal Dieta) x 100

En la Tabla 9 se presenta una comparación del aporte de energía neta que hacen los ranchos tipo A, B y C y la eficiencia energética que logran. Los ranchos tipo A aportan mayor energía que los C (39.31 ± 2.65 Mcal/d vs 27.36 ± 3.54 Mal/d) y son más eficientes (51.73 ± 0.17 vs 40.27 ± 0.13). Los establos tipo B logran eficiencia de la utilización de la energía similar a los establos tipo A (56.75 ± 15.22 vs 51.73 ± 17.52). Los tres tipos de establos presentan un coeficiente de variación muy elevado, existe una dispersión grande de los datos, posiblemente a que mantienen demasiado tiempo vacas no productivas.

A continuación se presentan curvas de eficiencia energética para los tres tipos de establos estudiados donde se observa que al aumentar la lactancia disminuye la eficiencia de conversión de energía neta aportada en la dieta derivada a energía en la producción de leche.

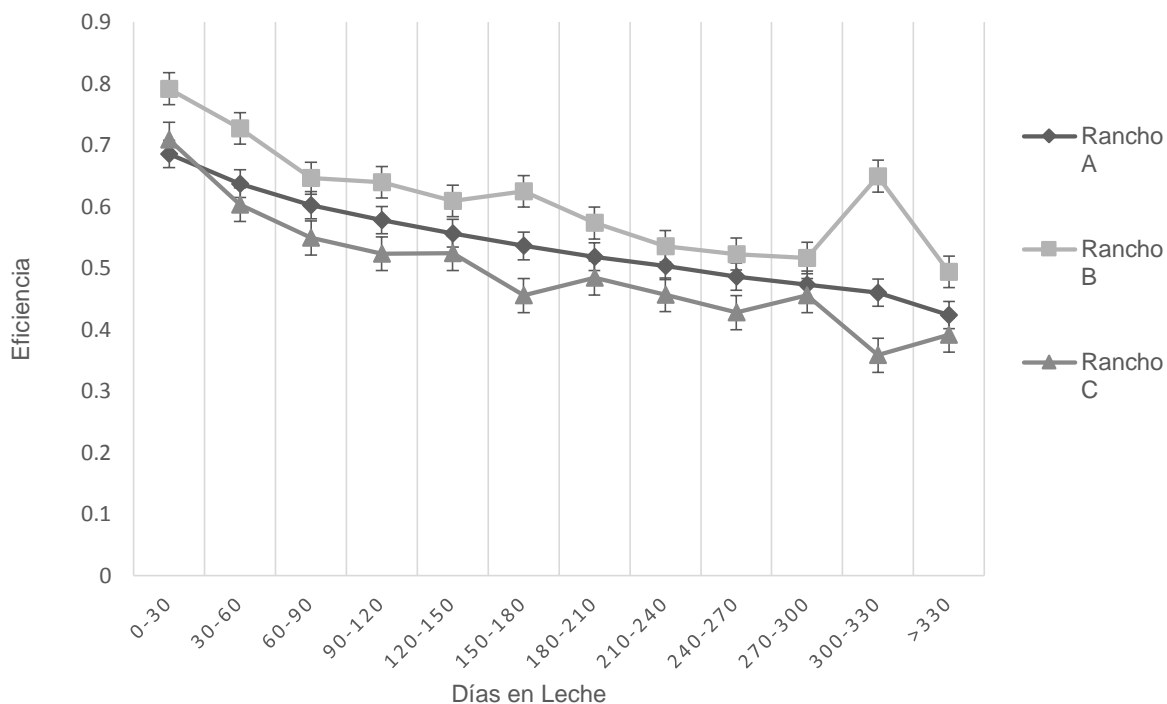


Figura 7. Eficiencia en la conversión de energía de la dieta en energía en leche por nivel de tecnificación (Ranchos Tipo A, B, y C)

El análisis de la eficiencia energética muestra que la eficiencia disminuye conforme avanza la lactancia.

Las curvas de eficiencia presentan cambios de pendiente conforme aumentan los días de lactancia que corresponderían también a cambios de dieta. En los primeros 21 días en leche se ofrecen dietas de Frescas (altas en fibra, energía y proteína cruda) y se presenta la mayor eficiencia pero hay que tomar en cuenta que la vaca lo logra utilizando la energía de reserva corporal.

Después del periodo de Frescas, cuando la vaca entra a su pico de producción y recibe dieta de Altas, se observa una eficiencia alta, que también corresponde al periodo de balance energético negativo (BEN). La curva de eficiencia presenta una pendiente ligeramente menor a la observada durante el periodo fresco.

Conforme avanza la lactancia la vaca disminuye su producción de leche, en los establos hacen un cambio de dieta (ración de Medias), se observa una disminución de la eficiencia, cae por debajo del 50 %. La curva de eficiencia presenta un cambio de pendiente con una caída menor que la anterior fase de Altas.

Finalmente, al acercarse el fin de la lactancia y ya ha disminuido notablemente la producción de leche de la vaca, los establos hacen un cambio de dieta al ganado que denominan dietas de bajas productoras (baja en energía y proteína y alta en fibra). La curva de eficiencia presenta un cambio de pendiente más pronunciado

Los criterios que se usan actualmente en los establos para cambiar el tipo de dieta son los días en leche y nivel de producción de leche.

Observando los cambios de pendiente de las curvas de eficiencia de la utilización de la energía se puede utilizar un nuevo criterio para el cambio de dieta en los establos conforme avanzan los días de la lactancia y el nivel de producción de leche individual. Este criterio sería que aquellas vacas que bajaron de 50 % de eficiencia en la conversión de energía ingerida a energía en producción de leche deberían cambiarse a un nivel de dieta con menor nivel de energía porque estarían derivando energía hacia ganancia de peso.

4.4 Análisis de la producción a través de la Proyección a 305 días.

Los promedios de proyección a 305 días en los diferentes tipos de establos se muestran en la Tabla 10. Existe una marcada diferencia entre las proyecciones a 305d promedio de los establos Tipo A, B y C.

Tabla 10. Promedio de la proyección a 305 días y tipo de establo

	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Proyección 305 días L	9'404	8'894	5'737
Desv. Est.	1595.3	1663.9	1960.3
N	20818	112	240
e.e.m.	10.7	157.2	126.5
C.V.%	16.43	18.71	34.17
Producción (L/día)	31±11	29±10	20±10

La diferencia en la proyección a 305 días entre los ranchos tipo A y C es de más de 3500 L, lo que equivale a una diferencia económica (a \$6.00 por litro) de \$18'000 pesos por lactancia.

La diferencia entre los ranchos tipo A y B es de 510 L.

El método de coeficientes de la Universidad de McGill aporta una manera más precisa de calcular la proyección de leche a 305 días, permite hacer comparaciones con mayor certidumbre entre establos, vacas y aun de la misma vaca en diferentes fases de la lactancia porque toma en cuenta el factor tiempo y compara lactancias completas. Por ejemplo vacas con la misma producción el día de la prueba que están en una fase diferente de la lactancia (diferentes días en leche) sus proyecciones a 305 días serán diferentes. Se pueden elaborar gráficas de distribución de proyección a 305 días para evaluar cuáles son las vacas mejores productoras y las peores y tomar decisiones para el desecho voluntario de las vacas.

Se presentan las gráficas de distribución de proyección a 305 días de las vacas de los establos según su nivel de tecnificación y tamaño. Se observa en los establos tipo A que retienen un grupo de vacas considerable por debajo de los 7500 L de proyección a 305 días.

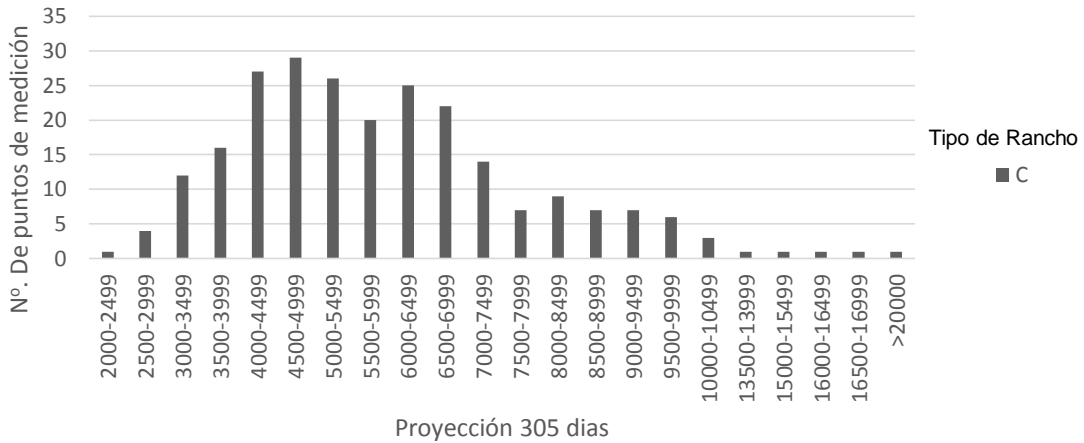


Figura 8. Distribución de la proyección de la producción a 305 días en establos tipo C de acuerdo a la cantidad de pesadas de leche (puntos de medición).

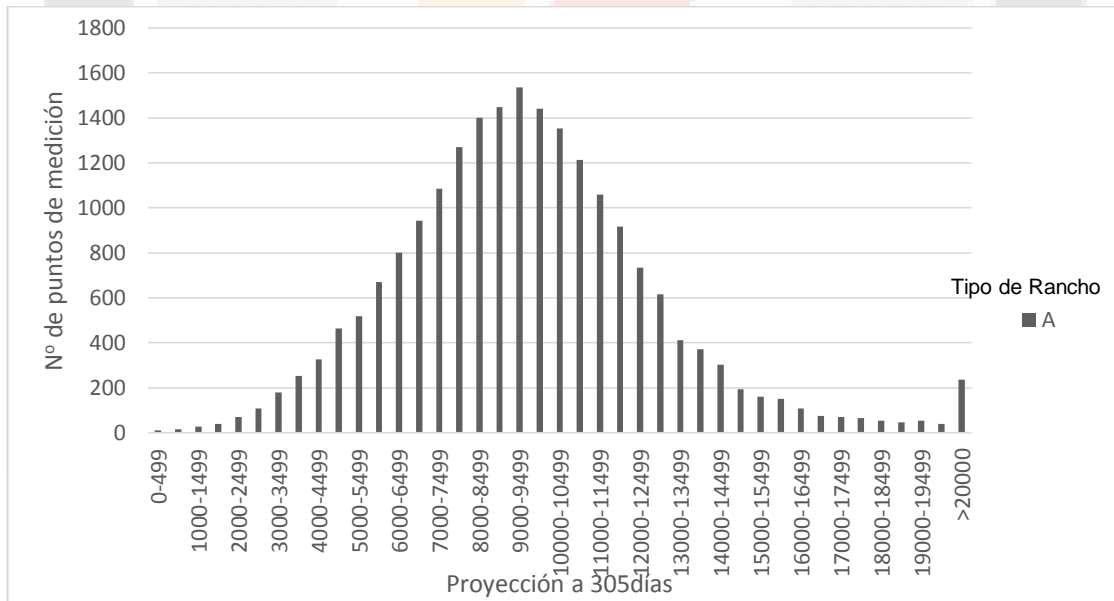


Figura 9. Distribución de la proyección de la producción a 305 días en establos del tipo A de acuerdo a la cantidad de pesadas de leche (puntos de medición).

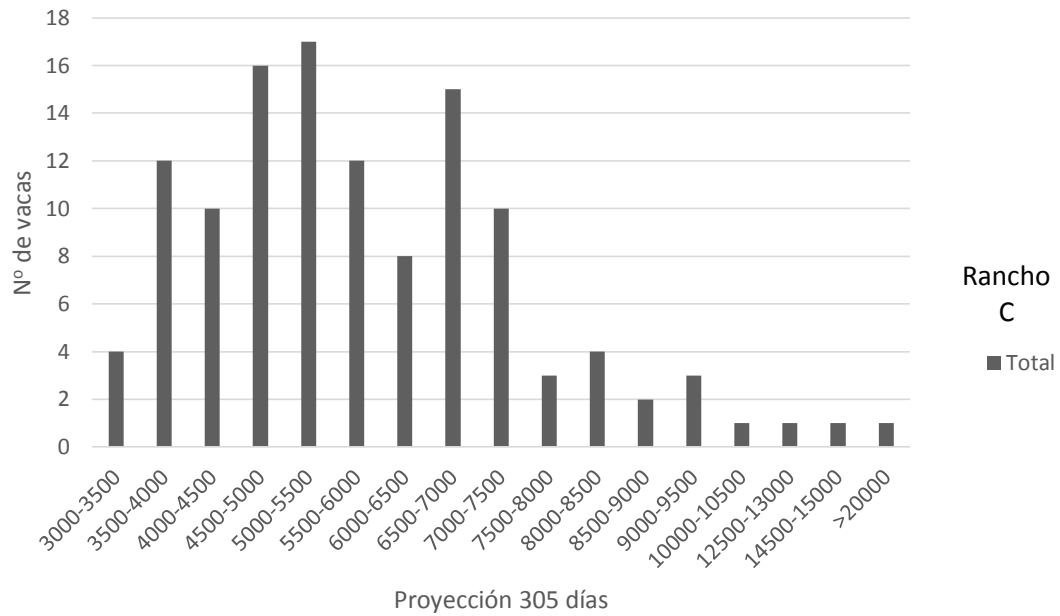


Figura 10. Distribución de la proyección de la producción a 305 días en Ranchos tipo C de acuerdo al número de vacas

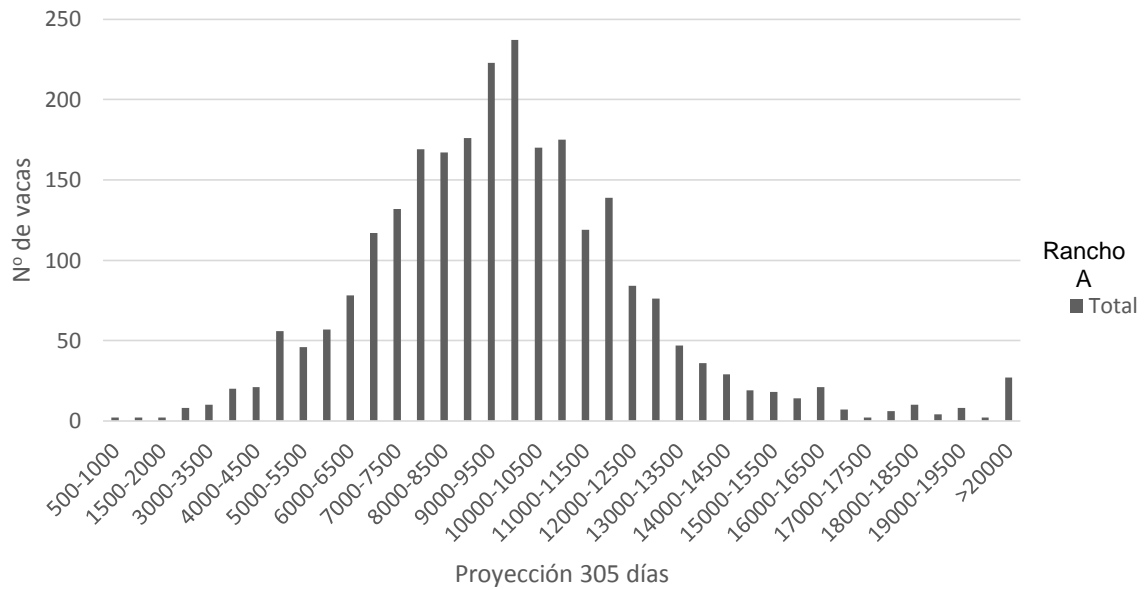


Figura 11. Distribución de la proyección de la producción a 305 días en establos del tipo A de acuerdo al número de vacas

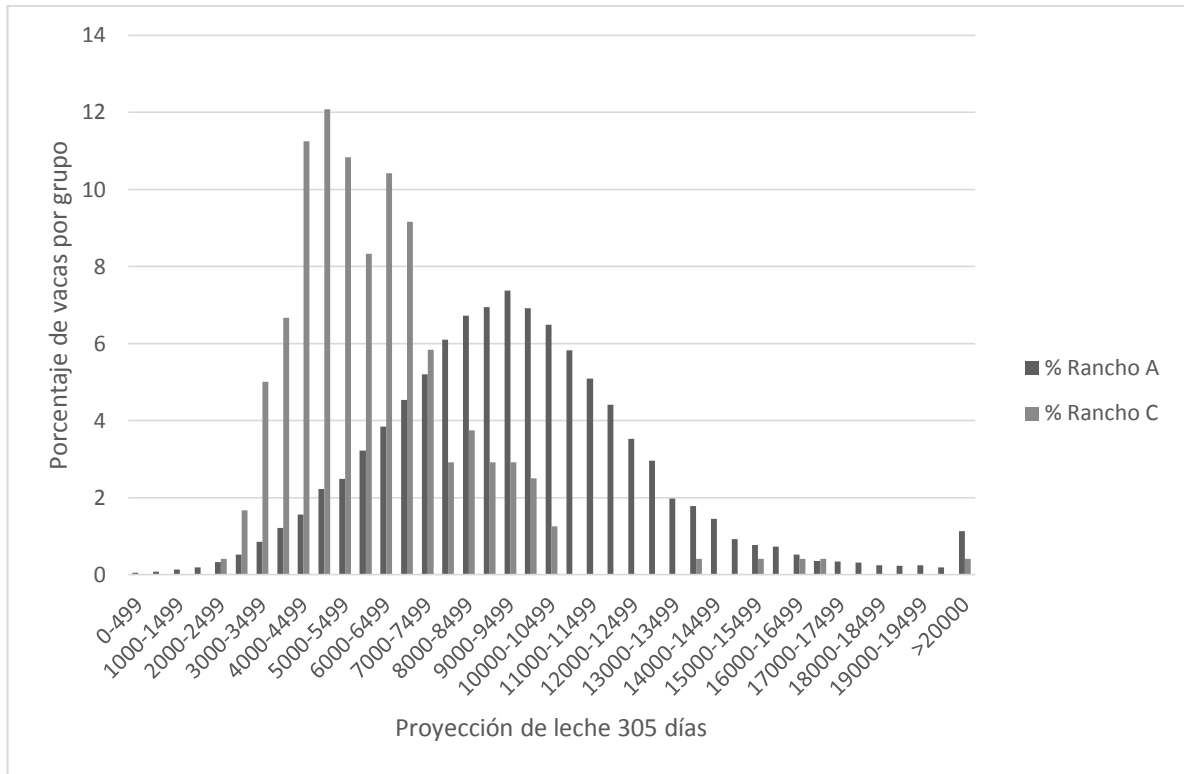


Figura 12. Distribución de la proyección de producción a 305 días presentada en porcentaje de vacas por grupo de los ranchos A y C

Destaca en las Figuras 12 que la distribución de las proyecciones a 305 días de vacas en los establos tipo C corresponden a la distribución de las proyecciones a 305 días de vacas de la cola inferior de los establos tipo A.

Los establos tipo A retienen a un grupo considerable de vacas con proyecciones a 305 días menores a 7500 L que son vacas que se considera no cubren sus costos de producción y deberían ser eliminadas con mayor prontitud.

Los establos tipo C poseen vacas con proyecciones a 305 d. mayores a 9000 L, esto indica que tienen vacas genéticamente similares a los establos tipo A pero las cuales no logran desarrollar su potencial genético para la producción por la falta de los nutrientes adecuados en calidad y cantidad.

5. DISCUSIÓN

A lo largo de este trabajo se ha evaluado el efecto de las raciones y su contenido energético sobre la eficiencia de producción en los ranchos de alta y baja tecnificación. La hipótesis de trabajo inicial establecía que los ranchos más tecnificados (Tipo A) tienen mejores niveles de producción y mejores eficiencias energéticas y económicas que los ranchos de baja tecnificación (Tipo C). A continuación se presenta la discusión general, la cual se enfoca en los siguientes puntos:

- 5.1 Caracterización de los Ranchos Productores de leche en la región de Aguascalientes.
- 5.2 Obtención y análisis de los datos productivos y reproductivos.
- 5.3 Desarrollo del método de coeficientes de McGill para calcular la proyección de leche a 305.
- 5.4 Desarrollo de un método de coeficientes inversos para calcular la producción de sólidos de la leche y condición corporal.
- 5.5 Evaluación del modelo matemático para calcular los requerimientos nutricionales de las vacas lecheras.
- 5.6 Evaluación del modelo matemático para calcular la eficiencia nutricional del ganado lechero alto productor.
- 5.7 Evaluación del modelo matemático para calcular la eficiencia económica de los hatos altos productores y su comparación los hatos bajos productores.

5.1 Caracterización de los Ranchos Productores de leche.

El utilizar esta metodología para estratificar e identificar a los establos por su nivel de tecnificación (Nivel D, C, B, A, AA y AAA) y por su tamaño (1 = 0-20 vacas, 2 = 20-60, 3 = 60-200, 4 = 200-500, 5 = 500-1000, 6 = > 1000 vacas) permite combinar ambos parámetros para describir de forma más exacta un rancho. Por ejemplo, un rancho de 150 vacas con nivel bajo de tecnificación sería considerado como un rancho C3, mientras que ese mismo rancho, una vez que haya adoptado nuevos sistemas de tecnificación, pasaría al nivel B, convirtiéndose en un B3. Cuando este rancho incrementa en el número de vacas (*e.g.* 300 vacas), se convertirá en un rancho B4. De esta manera, este rancho B4 puede ser comparado con ranchos B3 y con ranchos A4, pudiendo realizar contraste más específicos.

Por lo anterior, se considera este sistema más útil que otras clasificaciones donde se usan términos como “familiar” o “traspatio” (SAGARPA 2001), que no describen claramente la diferencia del nivel de tecnificación, ya que muchos establos de nivel de tecnificación mayor son negocios de tipo familiar.

5.2 Obtención y análisis de los datos

Durante la obtención de datos se destacó un hecho importante, donde en varios de los establos que consideramos de nivel de tecnificación superior existen muchos problemas en la recopilación automatizada de datos. Los artefactos electrónicos utilizados para obtención de estos datos fallan frecuentemente porque son muy sensible a las variaciones de energía eléctrica en la zona causando su descompostura.

Fallas en las antenas de recepción de radiofrecuencias que captan la información de identificación individual de los animales se presentan habitualmente en los establos, causando que los productores prefieren utilizar mano de obra para registrar manualmente la identificación del animal en las salas de ordeño.

Considero que el gasto de mayor tecnología y su subutilización no tiene sentido porque el objetivo de la automatización es evitar el error y la discreción humana. Utilizar personal que teclee los datos en los instrumentos de medición resuelve el problema momentáneo de funcionamiento del aparato, pero le agrega error y discrecionalidad al evento, que puede derivar en una incorrecta recopilación de datos y un análisis deficiente de éstos.

Algunos establos se excluyeron del estudio porque no tenían datos actuales de pesadas de leche por causa del mal funcionamiento del equipo automatizado de recolección.

Algunos productores no estuvieron dispuestos a compartir la información económicos por considerarla delicada. Se obtuvo el precio de leche que era pagado al productor y el costo general de la dieta.

Lo aprendido en este estudio nos lleva a proponer para la región de Aguascalientes una Agencia de Mejoramiento Lechero (AML) que tenga por objetivo coleccionar, analizar y divulgar la información necesaria para que los productores y asesores tomen mejores decisiones en cuanto a alimentación, reproducción y salud de sus explotaciones. Los pequeños y medianos productores se beneficiarían puesto que no tendrían que hacer grandes inversiones de tecnología para la captura de la información y su análisis, la AML tendría la tecnología y prestaría el servicio, de colecta, análisis de los datos de producción, generaría información y asesoría experta. Con esta Agencia también se lograría una estandarización de los datos y

evitaría la fragmentación y discrecionalidad de los datos que hemos encontrado hasta el momento.



5.3 Desarrollo del método de coeficientes de McGill para calcular la proyección de producción de leche a 305 días.

El promedio de producción de leche del hato se obtiene a partir de dos métodos. Por un lado está la producción promedio calculada a partir de los datos de todas las pesadas de leche de cada establo, y a partir de éstos se calcula la producción promedio por vaca por día (L/vaca/día). La segunda forma es a partir del total de leche del establo en un día específico (total de leche del tanque refrigerador de leche) entre el número de vacas en ordeño de ese día. Son los métodos utilizados para reportar los promedios en reportes de investigación (Carranza-Trinidad y col. 2007, Aguilar y col. 2002, Posadas y col. 2013). Ninguno de los dos métodos de cálculo toma en cuenta el factor tiempo (Días en Leche, DEL) ya que las vacas se encuentran en diferentes días de su lactancia cuando se hace la medición de la producción y el cálculo se ve afectado por el promedio de días en leche del total del establo. Las cifras así obtenidas no aportan mucho valor para la toma de decisiones en los establos porque no orientan respecto a ¿qué pico de producción alcanzan las vacas?, ¿en qué fase de la lactancia se encuentran?, ¿cuáles son sus requerimientos nutricionales?, ni ayuda predecir el potencial de producción de leche de las vacas.

Para salvar estos obstáculos, que implican las cifras así obtenidas se propone el método de los coeficientes de McGill para calcular la proyección a 305 días que si toma en cuenta el tiempo al incluir los días en leche en que se encuentra la vaca al momento de la obtención de la pesada de producción. Con este método es posible calcular la proyección a 305 días de la producción de una vaca en cualquier momento de su lactancia y así poder tomar mejores decisiones por ejemplo para el desecho voluntario de vacas que tengan proyecciones a 305 días menores al punto de equilibrio de alimentación del establo.

La raza Holstein en EEUU tiene un estándar de producción a 365 días de 11´646 Kg Leche (Holstein Association USA, 2017), es la raza que predomina en los establos bajo estudio. Esto nos permite hacer una escala comparativa con respecto a las proyecciones a 305 días. que se puede implementar en los establos para seleccionar vacas.

El mayor tamaño de hato, mayor aporte de materia seca y su consiguiente mayor aporte de energía neta de lactancia son los factores por los que se logran las proyecciones a 305 d

mayores a 9'000 L. Esto coincide con lo observado por Romo-Bacco y col. (2014) donde mencionan que la diferencia encontrada entre productores deficitarios y no deficitarios se debia a variables como la cantidad de leche producida por vaca y el control de los insumos para la alimentación. Tambien lo observado por Carranza-Trinidad y col. (2007) donde mencionan una relación directa ente el tamaño de hato y productividad, a mayor tamaño mayor productividad. Esto no implica que los establos tipo C deban aumentar su hato inmediatamente para aumentar su productividad sino que deben observar una atención mas estrecha al los factores que mas inciden en ella como es el mayor aporte de materia seca en la racion de sus vacas, con un contenido mayor de energía neta de lactancia y proteina neta que cubra los requerimientos de sus vacas según su estadio fisiológico de producción y una selección más adecuada de sus vacas. Eventualmente iran creciendo en número de animales con los recursos propio del establo.

El beneficio del cálculo de proyeccion de la producción a 305 días es que se puede realizar con datos de producción de un solo día, una pesada de leche , y conociendo los datos del animal, días en leche, estado reproductivo, numero de lactancia, días inseminada. Esto lo convierte en una herramienta valiosa del análisis de la explotacion y a nivel vaca para cualquier nivel de tecnificación y ayuda a tomar mejores decisiones en el establo.

El cálculo desarroyado en este trabajo funciona bien para los días en leche entre el día 1 y 450, los registros mayores a los 450 días en leche (que corresponden a vacas que extendieron su lactancia más de 305 días, vaca abortada, con fecha de la concepción incorrecta, etc.) dan como resultado proyecciones de producción demasiado altos. Los resultados de esas lactancias proyectadas deben excluirse para el análisis de lactancia. Se necesita mayor investigación al respecto para ajustar esas lactancias extendidas y buscar coeficientes que se ajusten a una realidad nacional y local.

El objetivo planteado de analizar las curvas de lactancia de las vacas altas y bajas productoras y estimar las curvas de lactancia óptimas y los coeficientes propios para su modelación en la región no se logro porque existe demasiada información fragmentada en los establos y con diferentes metodologias para su recolección que no permitían una certidumbre de información de lactancias completas de sus vacas.

5.4 Desarrollo del método de coeficientes inversos para calcular la producción de sólidos de la leche y condición corporal

El método de coeficientes inversos para calcular la producción de sólidos de la leche se utilizó porque no se tienen datos del contenido de grasa, proteína y lactosa de la leche de los establos que fueron utilizados para este trabajo.

El método utiliza datos publicados en la página de Extensionismo de la Universidad de Minnesota (University of Minnesota, 2017) de la forma y relación de las curvas promedio para producción de leche, porcentaje de grasa, porcentaje de proteína, porcentaje de lactosa, el cambio de peso vivo y condición corporal durante la lactancia de vacas holstein adultas.

Los datos se utilizaron para generar los coeficientes que corresponderían al porcentaje de grasa, proteína y lactosa producido en un día específico en base al total producido en una lactancia ajustada a 305 días. También los coeficientes correspondientes al cambio de peso vivo y condición corporal de la vaca durante una lactancia ajustada a 305 días (Van Amburgh, 1998).

El cálculo desarrollado presenta un ajuste adecuado dentro de los 305 días en leche. Para datos de producción que exceden los 305 días en leche los cálculos generan coeficientes que dan por consecuencia curvas proyectadas para grasa, proteína, lactosa y condición corporal que resultan irreales para vacas holstein promedio. Se necesita más investigación para desarrollar los coeficientes que se adecúen a lactancias extendidas de más de 305 días.

5.5 Evaluación del modelo matemático para calcular los requerimientos nutricionales de las vacas lecheras

Los cálculos de los requerimientos se realizaron en base a las ecuaciones del NRC 2001.

Para que los cálculos sean más precisos es recomendable tener al mismo tiempo la pesada de leche, los datos de contenido de sólidos en la leche, el peso del ganado y su condición corporal.

Los establos bajo estudio, tanto tipo A (alta tecnificación) como C (tecnificación mínima), no colectan información con respecto a peso de la vaca, su condición corporal ni el contenido de sólidos en la leche durante su lactancia.

El modelo se adecúa muy bien para lactancias de 305 días pero arroja datos demasiado altos para lactancias extendidas de más de 330 días.

$$\text{DMI} = [(0.372 * 4\% \text{ FCM}) + (0.0968 * \text{BW}^{0.75})] \times \text{lag factor.}$$

$$\text{LAG FACTOR} = 1 - \text{EXP}(-0.192 * (\text{WOL} + 3.67))$$

Donde, DMI=Dry Mater Intake. Consumo de Materia Seca.

FCM= Fat Corrected Milk. Leche Corregida a Grasa al 4%

BW= Body Weight. Peso Vivo. $\text{BW}^{0.75}$ =Peso Vivo Metabólico.

WOL=Week of Lactation. Semana de Lactancia.

$$\text{NEL (Mcal/kg)} = (0.0929 \times \text{Fat } \%) + (0.0547 \times \text{Crude Protein } \%) + (0.0395 \times \text{Lactose } \%)$$

Donde NEL= Net Energy of Lactation. Energía Neta de Lactancia.

$$\text{NELm} = 0.08 \times \text{BW}^{0.75}$$

Donde NELm =Net Energy of maintenance. Energía Neta de Mantenimiento.

ENg= Ganando peso= $\text{GDP} * (\text{BCS} * 0.9 + 2)$. Perdiendo peso= $\text{GDP} * (\text{BCS} * 0.85 + 2)$.

Donde ENg= Energía Neta de Ganancia. GDP= Ganancia diaria de peso.

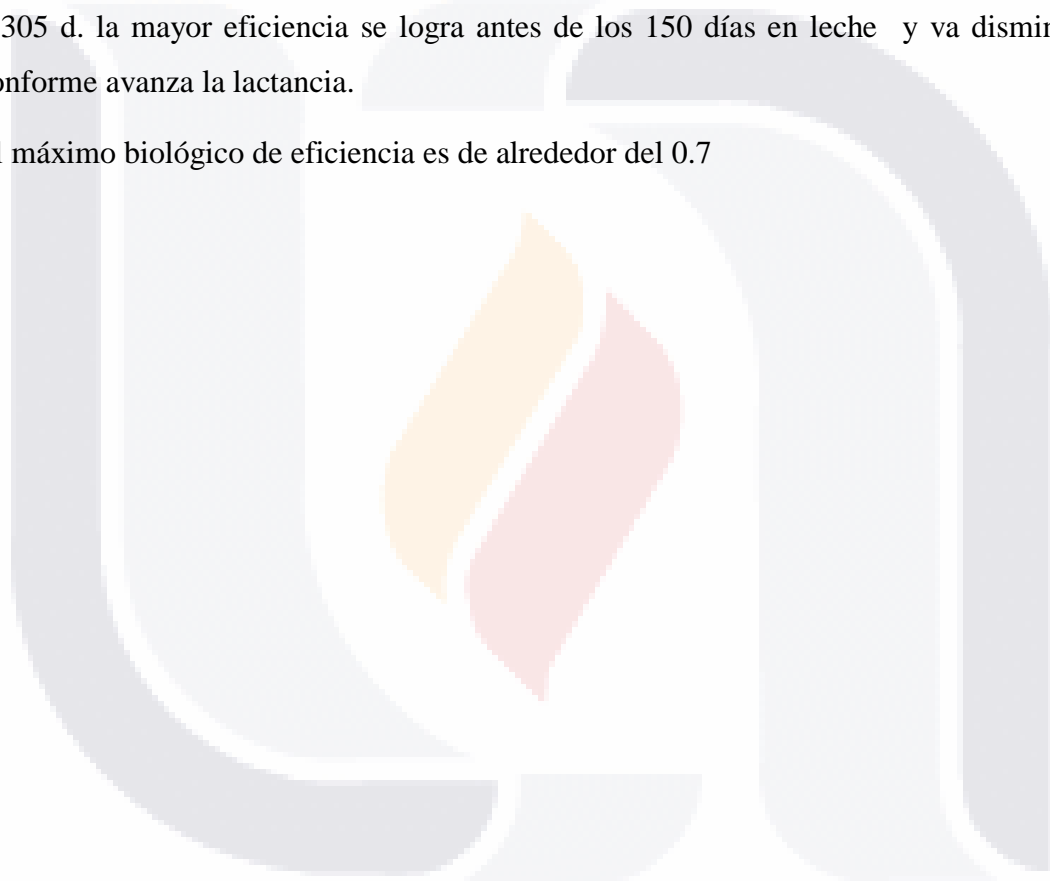
BCS= Body Condition Score. Condición Corporal.

5.6 Evaluación del modelo matemático para calcular la eficiencia nutricional del ganado lechero alto productor

Entiéndase por eficiencia la relación existente entre el producto resultante y los recursos utilizados

A continuación se muestran la eficiencia de conversión de la energía neta de la dieta en energía en leche tomando en cuenta la proyección a 305 días (Figura 10). Las vacas con mayor proyección a 305 días son más eficientes en la conversión que las de menor proyección a 305 d. la mayor eficiencia se logra antes de los 150 días en leche y va disminuyendo conforme avanza la lactancia.

El máximo biológico de eficiencia es de alrededor del 0.7



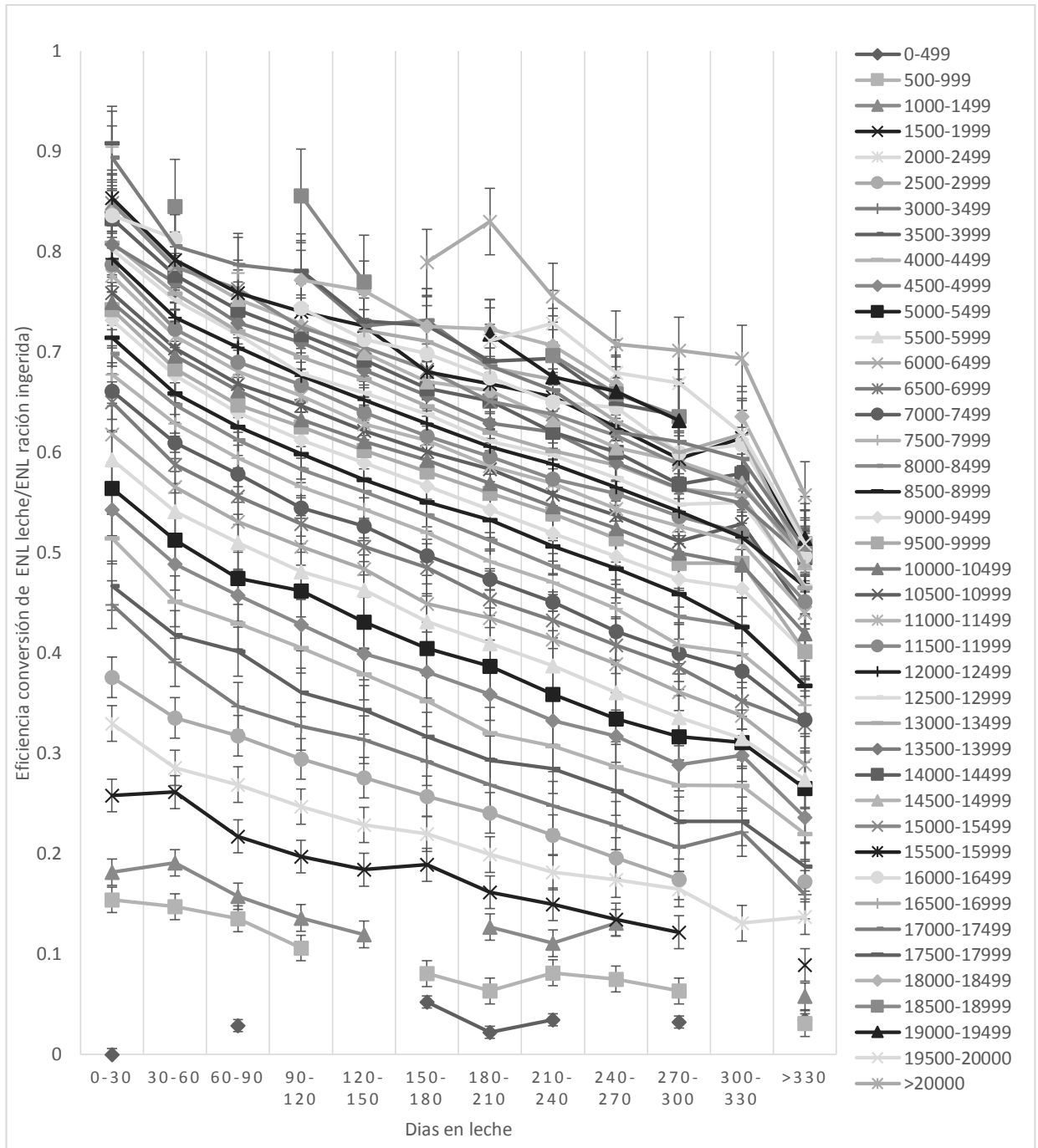


Figura 13. Eficiencia en la conversión de energía neta de la dieta a energía neta en leche según la proyección de producción a 305 días.

En la Figura 13 se observa que vacas con mayor proyección a 305 días son más eficientes, pero dicha eficiencia disminuye conforme avanza la lactancia. Por ejemplo, una vaca 12'000 L/proy305 inicia la lactancia con una eficiencia de 0.79 y termina con una eficiencia de 0.46, mientras que una vaca baja productora, de 6'000 L/Proy305, inicia con una eficiencia de 0.62 y termina con una eficiencia de 0.29

La máxima eficiencia se logra durante el primer tercio de lactación, cuando las vacas se encuentran en balance energético negativo, y parte de la energía para la producción de leche proviene de la reserva corporal. En la lactancia media (mayores a 150 DEL) las vacas con proyección de producción a 305 d de 9000 L logran estar encima del 59% de eficiencia. También se muestra que vacas con proyección a 305 d. menores de 7500 L están en el nivel de eficiencia menor al 52%. Al final de la lactancia la energía neta ingerida se particiona en mayor medida a energía para la Preñez, para ganar peso y condición corporal preparándose para la siguiente lactancia (GDP, CCC).

El enfoque que actualmente siguen los productores de nivel tecnológico más bajo de ofrecer dietas de bajo costo (que no cubren los requerimientos nutricionales de materia seca, energía neta de lactancia y proteína neta de las vacas) sobre todo en el primer y segundo tercio de lactancia es lo que no les permite tener mayores producciones y ser menos eficientes. Cambiando este enfoque, tan arraigado en la zona, a uno de dietas de mayor costo (mayor nivel de materia seca, energía neta y proteína) aplicando en los periodos adecuados fisiológicamente en sus vacas los elevaría de nivel de productividad.

Los establos tipo A que se esperaba fueran los más eficientes no lo fueron tal vez porque no hacen un desecho voluntario adecuado de vacas con proyecciones a 305 días menores a 7'600 L/Proy305 que son las menos eficientes y consumen las utilidades de las vacas de mayor eficiencia.

A cualquier nivel tecnológico se puede mejorar la productividad del establo instaurando un desecho voluntario programado de vacas que estén por debajo del promedio de proyección a 305 días, iniciando con las menos productivas del establo. Esto aumentaría el promedio de producción y evitaría que las vacas menos productivas se coman los ingresos de las de mayor productividad.

5.7 Evaluación del modelo matemático para calcular la eficiencia económica de los hatos altos productores y su comparación los hatos bajos productores.

Se calculó la eficiencia económica de las vacas según los días en leche y el nivel de tecnificación de los ranchos (A, B, C), teniendo como el ingreso por leche producida por cada vaca dividido entre el costo de la alimentación de las mismas ($\$/\text{leche} / \$/\text{alimentación}$) a los días en leche específicos.

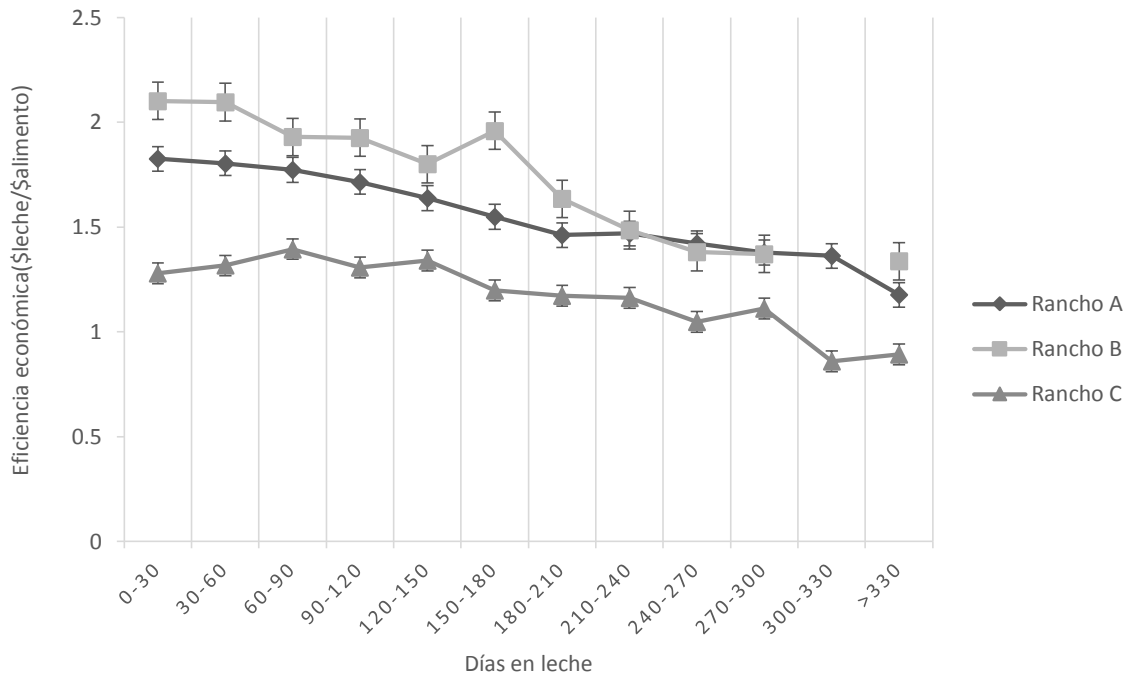


Figura 14. Eficiencia económica, refiriéndose al ingreso por venta de leche entre el costo del alimento al día, a lo largo de la lactancia según el tipo de rancho A, B y C.

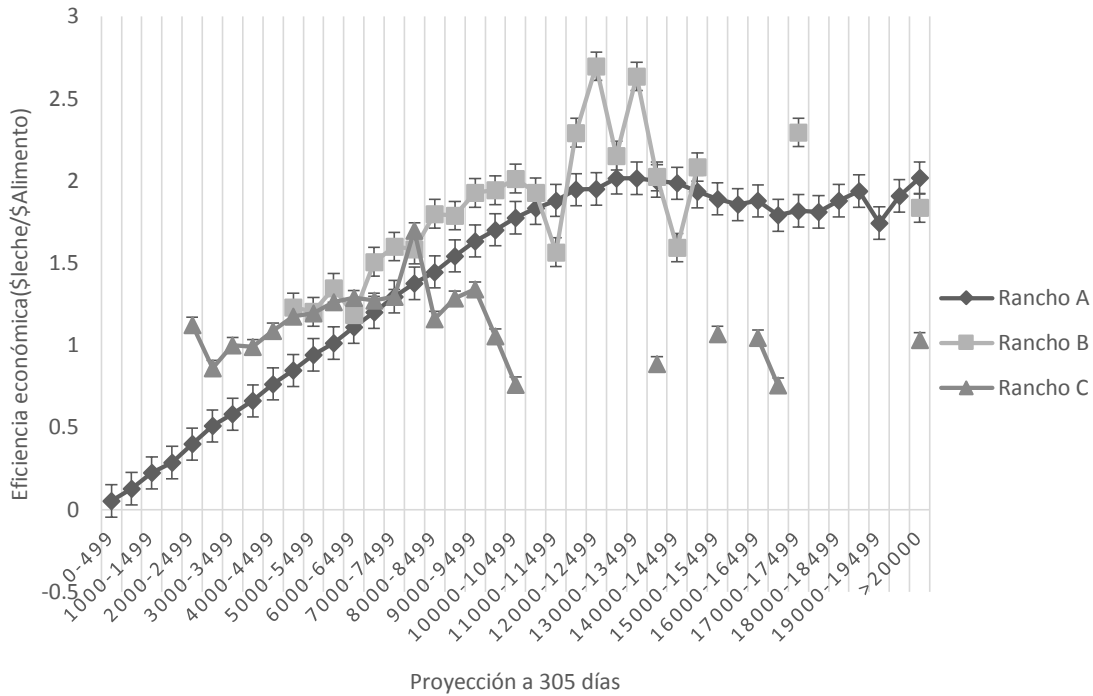


Figura 15. Eficiencia económica, refiriéndose al ingreso por venta de leche entre el costo del alimento, según la proyección de la producción a 305 días y el tipo de rancho A, B y C.

En el modelo matemático de eficiencia económica sólo se utilizó el costo de la alimentación, que incluye el consumo de materia seca a los días en leche en que se encuentra la vaca, el costo de la dieta o ración y la densidad energética de las dietas, y el ingreso por la venta de leche tomando en cuenta el precio de la misma y la producción por día.

Los establos nivel A de alta tecnificación son más eficientes para generar utilidades que los establos tipo C (\$1.55 vs \$1.19 \$Leche/\$Alim)) pero no fueron tan eficientes como se esperaba. Esto pudiera deberse a que los ganaderos mantienen durante más tiempo a vacas con proyecciones de producción menores a 7'600 L/305d. Se observó que los productores no realizan un desecho voluntario adecuado en base a proyección a 305 días y no desechan a tiempo esas vacas.

El costo promedio de la ración para cada tipo de rancho es el siguiente: Rancho A, B, C, respectivamente \$111.5, \$94.3, \$71.2.

Las vacas con proyecciones de producción a 305 días menores a 7'600 L/305d no generan utilidades para el ganadero de los ranchos tipo A ($\$1.0 \text{ \$Leche}/\$Alim$). Los ganaderos de los ranchos tipo B alcanzan mejor rendimiento en este tipo de vacas ($\$1.4 \text{ \$Leche}/\$Alim$).

Los establos nivel B tienen mayor eficiencia económica ($\$1.74 \text{ \$Leche}/\$Alim$) que los A y C posiblemente porque utilizan más eficientemente la tecnología que poseen y los lleva invertir adecuadamente el dinero en la implementación de sus dietas.

Por último con el conocimiento desarrollado en este trabajo pretendo implementarlo en forma de asesoría y acompañamiento en los establos medianos y bajos productores para ayudarlos a elevar su nivel de productividad. Para esto, el plan de asesoría tendrá los siguientes ejes rectores.

- Pesaje de leche de todas las vacas semanal o quincenalmente.
- Incrementar el aporte de materia seca de la ración de las vacas.
- Incrementar el aporte de energía neta de lactancia según estadio productivo.
- Elaboración dietas acordes al nivel de productividad y estadio fisiológico de los animales.
- Elaboración de gráficas de dispersión de la producción mensualmente para el análisis del establo.
- Elaboración de la proyección a 305 días de las vacas para su valoración mensualmente.
- Elaboración del plan de manejo y seguimiento reproductivo.
- Control y análisis de los datos productivos y reproductivos con un programa electrónico de manejo de hato.

6. CONCLUSIONES

Los establos de mayor tecnificación (Tipo A) aportan una mayor cantidad de energía total y una mayor densidad energética en la dieta, lo cual cubre los requerimientos de energía adecuados para el animal.

Los ranchos tecnificados también tratan de alcanzar el mayor consumo de materia seca de la dieta por parte del ganado para cubrir sus requerimientos en las diferentes etapas de producción.

Los ranchos tecnificados logran producciones más altas de leche porque cubren las necesidades energéticas de mantenimiento (EN_m), alrededor de 10 Mcal EN_l/día, y logran excedentes mayores de energía neta para lactancia (EN_{lac}). A mayor consumo de energía neta de lactancia por encima del requerimiento de mantenimiento la vaca deriva más energía a la producción de leche.

Los establos de menor nivel de tecnificación (niveles C y D) pueden lograr producciones mayores de leche si aportan mayor cantidad de materia seca con una mayor densidad energética que cubra adecuadamente los requerimientos de mantenimiento y producción del ganado.

Dietas con mayor densidad energética aumentan el costo de la ración pero aumentan su eficiencia en conversión a leche lo que deriva en un costo menor del litro de leche producido.

El método de cálculo de la proyección de producción a 305 días desarrollado en este proyecto es una herramienta que puede ser utilizada en los establos para analizar los datos de producción de cada animal, monitorear y evaluar los programas de alimentación, implementar los programas de selección del ganado según su valor económico y según su proyección de producción.

7. GLOSARIO.

Alimento: Sustancia nutritiva que toma un organismo o un ser vivo para mantener sus funciones vitales.

Caloría: Es una de las unidades utilizadas en la medida de la energía de un alimento. Corresponde al calor necesario para elevar la temperatura de un gramo de agua desde 14,5 a 15,5 °C. Como unidades complementarias se utilizan la kilocaloría (kcal = 1000 cal) y la mega caloría (Mcal = 1 000 000 cal). La oxidación de los alimentos en el organismo genera energía en forma de calor. Un gramo de glúcidos produce unas 4,1 kcal, uno de lípidos unas 9,5 kcal y uno de prótidos unas 5,6 kcal

Coefficiente de McGill: Se refiere al porcentaje de leche producido en un día específico con base en el total de leche producido en una lactancia ajustada a 305 días desarrollados en la Universidad de McGill Canadá.

Condición corporal: es la evaluación, mediante una apreciación visual, de las reservas corporales de grasa y músculo, bajo un patrón preestablecido al que se le ha dado valores numéricos arbitrarios. Estos números están ordenados conforme a una escala que en el ganado lechero va de 1 a 5 y en el ganado de carne va de 1 a 9.

Consumo de materia seca: es ingestión total de nutrientes que efectúa un animal al consumir en alimento dado basado en su peso corporal.

Curva de lactancia: Representación gráfica de la producción de leche a lo largo de un ciclo productivo que se establece en un periodo de 305 días.

Días en leche: son los días productivos que han transcurrido desde el parto de la vaca hasta el día del secado.

Dieta: Es la cantidad necesaria de nutrientes que requiere un animal para cumplir con sus funciones vitales.

Eficiencia: Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto deseado.

Energía: es la capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, etc.

Energía Neta: Energía puesta a disposición del animal para cubrir sus gastos de mantenimiento y de producción. Corresponde a la energía metabolizable menos los gastos energéticos por incremento de calor.

Energía neta de mantenimiento: es la cantidad de energía necesaria para mantener las funciones vitales.

Energía neta de ganancia: es la cantidad de energía derivada para incrementar el peso o crecimiento del animal. Después de haber cubierto las necesidades de energía de mantenimiento

Energía neta de lactancia: es la energía derivada para la producción de leche después de haber cubierto las necesidades de energía de mantenimiento

Lactancia: Periodo de tiempo después del parto de una vaca en que se mantiene produciendo leche

Materia seca: es la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio.

Numero de lactancia: es la cantidad de partos que ha efectuado una vaca o la cantidad de ciclos productivos que ha completado

Peso metabólico: Peso vivo del animal elevado a la potencia 0.75 (kg PV^{0.75}). El peso metabólico está más relacionado con el gasto en energía basal del animal que el peso vivo

Peso vivo: Peso del animal tomado en una balanza.

Proyección de producción a 305 días: es una estimación de la producción total de leche de una vaca en un ciclo de 305 días a partir de la producción de leche diaria en cualquier momento de la lactancia.

Ración: Es la cantidad de dieta balanceada de nutrientes necesarios para desarrollar sus funciones vitales que se le suministra a un animal o durante las 24 horas

Ración de frescas: es la cantidad ofrecida durante el día de alimento balanceado a las necesidades de una vaca dentro del periodo de 1-20 días después del parto

Ración de altas: es la cantidad ofrecida durante el día de alimento balanceado a las necesidades de una vaca dentro del periodo de 21-150 días después del parto y producción mayor a 25 litros.

Ración de medias: es la cantidad ofrecida durante el día de alimento balanceado a las necesidades de una vaca dentro del periodo de más de 150 días después del parto y producción entre 25 y 15 litros.

Ración de bajas: es la cantidad ofrecida durante el día de alimento balanceado a las necesidades de una vaca dentro del periodo de más de 150 días después del parto y producción menor a 15 litros.

Ración de secas: es la cantidad ofrecida durante el día de alimento balanceado a las necesidades de una vaca dentro del periodo de 1-20 días después del parto.

Vaca seca: se refiere a la vaca que termino su periodo de producción de leche e inicia un periodo de descanso lactacional esperando su siguiente parto.

8. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar V. A. Luévano G, A. Rodríguez B. J.J. (2002). Diagnóstico situacional estratégico en empresas lecheras de la comarca lagunera en el norte- centro de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. V, núm. 11, julio-diciembre, 2002.
- Aluja S. Andrés, Galindo R. Leticia (1993). *Metodología para el estudio de los sistemas de producción pecuaria utilizada por el centro de investigación, enseñanza y extensión en ganadería tropical*. En: *Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola*. Ed: Navarro Garza Hermosillo, Jean Philips Colín, Pierre Milleville. Colegio de Posgraduados, Montecillos, Estado de México. pp.405-410.
- Bermosa, N. (S/año). Top Eighteen Best Milk Producing Cattle Breeds in the World. <https://farm-animals.knoji.com/top-eighteen-best-milk-producing-cattle-breeds-in-the-world/> Recuperado marzo 26, 2016
- Bravo D. M., Wall E. H. (2016). The rumen and beyond: Nutritional physiology of the modern dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 99(6): 4939–4940.
- Brotzman R. L., Döpfer D., Foy M. R., Hess J. P., Nordlund K. V., Bennett t. B., and Cook N. B. (2015). Survey of facility and management characteristics of large, upper Midwest dairy herds clustered by dairy herd improvement records. *Journal of Dairy Science*. 98:11 pp.8245–8261. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-9264>.
- Carranza T. R. G., Macedo B. R., Cámara C. J, Sosa R. J., Meraz J. A. J., Valdivia F.A. G. (2007). Competitividad en la cadena productiva de leche del estado de Aguascalientes, México. *Agrociencia*, 41(6). pp701-709.
- Castignani H., Zehnder R., Gambuzzi E., Chimicz J. (2005). *Caracterización de los sistemas de producción lecheros argentinos, y de las principales cuencas*. Asociación Argentina de Economía Agraria, Argentina.
- Chase L. E. (1993). Developing nutrition programs for high producing dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 76(10): 3287-3293.

- Drackley J. K. (2016). The importance of BCS management to cow welfare, performance and fertility. *Advances in Dairy Technology*, 28: 195-206.
- Endres M. L., Espejo L. A. (2010). Feeding management and characteristics of rations for high-producing dairy cows in free stall herds. *Journal of Dairy Science*, 93: 822–829.
- Fuhrman T. (1993). *Production medicine in large dairy herds*. Western large dairy herd management conference, Las Vegas, Nevada. pp. 157-166.
- Fuhrman T. (2006). *Managing the dairy farm: Key performance indicators*. Western Canadian Dairy Seminar Proceedings. URL: <http://www.wcds.ca>
- Gutiérrez R. J. J (2016). *Impacto del uso de la tecnología en la productividad y rentabilidad de las unidades de producción lechera*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Tesis de maestría. 85 pp.
- Häubi Segura, C. U., Gutiérrez Lozano, J. L., (2015). Evaluación de unidades familiares de producción lechera en Aguascalientes: estrategias para incrementar su producción y rentabilidad. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 19 (2) (mayo-agosto). pp. 7-34. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83742619002>> ISSN 0188-7890
- Hernández M. P., Estrada F. J. G.; Avilés N. F.; Yong A., G; López F; Solís M, A. D.; Castelán O. O. (2013). Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del estado de México. *Universidad y Ciencia*, 29(1): 19-31.
- Hutjens M. (2003). *Guía de alimentación*. Hoard’s Dairyman. Segunda edición. pp 82.
- Khanal, A. R. (2010). Adoption of technology, management practices, and production systems in us milk production. *Journal of Dairy Science*, 93(12): 6012 – 6022.
- Kellogg, D.W. Pennington, Z.B. Panivivat, J. R. (2001). Survey of management practices used for the highest production .DHI herds in the United State. *Journal of Dairy Science* 84 Supplement (June 2001). E120-E127.
- Larrea A.T. (2011). *Caracterización y eficiencia de la producción lechera en el noreste de la pampa (Argentina)*. Tesis para optar al grado de doctor. Universidad de Córdoba, España.

- López S., France J., Dijkstra J., et al. (2015). On the analysis of Canadian Holstein dairy cow lactation curves using standard growth functions. *Journal of Dairy Science* [serial online], 98(4): 2701-2712. Available from: academic search complete, Ipswich, MA. Accessed may 19, 2016.
- Macciotta N., Dimauro C., Rassu S., Steri R., Pulina G. (2011). The mathematical description of lactation curves in dairy cattle. *Italian Journal of Animal Science* [serial online].; 10(4):213-223. Available from: academic search complete, Ipswich, MA. Accessed May 19, 2016.
- Maldonado García G. (2011). *Evaluación de agroempresas lecheras con diferente nivel tecnológico en el occidente y norte de México*. Universidad Autónoma de Chapingo. Tesis de Maestría, 81 pp.
- Manjarrez López A. M., Díaz Zarco S., Salazar García F., Valladares Carranza B., Gutiérrez Castillo A. C., Barbabosa Pliego A., & Velázquez Ordoñez V. (2012). Identificación de biotipos de *Staphylococcus aureus* en vacas lecheras de producción familiar con mastitis subclínica en la región centro-este del estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(2): 265-274.
- Orskov E. R. (2002). *Trails and Trials in Livestock Research*. Macaulay Land Use Research Institute. Aberdeen. Scotland. ISBN 9780954137700
- Osan O., Castignani M. I., Rossler N., Cursack A.M. (2010). Caracterización la lechería familiar del centro de la provincia de Santa Fe, Argentina: indicadores estructurales y tecnológicos. 11° Congreso Panamericano de la leche. FEPALE, Bello Horizonte, marzo 2010.
- Posadas Domínguez R.R., Salinas Martínez J.A., Callejas Juárez N, Álvarez Fuentes G., Herrera Haro J., Arriaga Jordán C.M., Martínez Castañeda F.E. (2013). Análisis de costos y estrategias productivas en la lechería de pequeña escala en el periodo 2000-2012. *Contaduría y administración*, 59(2), abril-junio 2014: 253-275.
- Romo Bacco C. E., Valdivia Flores A. G., Carranza Trinidad R. G., Cámara Córdova J., Zavala Arias M. P., Flores Ancira E., Espinosa García J. A. (2014). Brechas de

rentabilidad económica en pequeñas unidades de producción de leche en el altiplano central mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(3):273-290.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2001). *Situación actual y perspectivas de la producción de leche en México. 1990-2000*. México.

Salas González J. M., Leos Rodríguez J. A., Sagarnaga Villegasa L. M., Zavala-Pineda María J. (2013). Adopción de tecnologías por productores beneficiarios del programa de estímulos a la productividad ganadera (PROGAN) en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*,4(2): 243-254.

Sánchez Gutiérrez R. A. Zegbe Domínguez J. A. Gutiérrez Bañuelos H. (2015). Tipificación de un sistema integral de lechería familiar en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuaria*, 6(3): 349-359.

Sathish V.M. (2011). Al Ain 'super cow' gives 100 litres of milk a day. Emirates 24/7. <http://www.emirates247.com/al-ain-super-cow-gives-100-litres-of-milk-a-day>. Recuperado marzo 26 2016.

SIAP (Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera) (2015). Boletín de leche, Octubre-Diciembre de 2015. p.1-7

Smith A. C., Coombs C. O., and Bewley J. M. (2013) Management practices adopted by top Kentucky milk-production herds. *The Professional Animal Scientist*, 29: 367–371.

Stevenson J. S. (2001). Reproductive management of dairy cows in high milk-producing herds. *Journal of Dairy Science*, 84 (e. Suppl.): E128-E143.

Toledo Alvarado H., De Jesús Ruiz López F., Vázquez Peláez C., Berruecos Villalobos J., Elzo M. (2014). Parámetros genéticos para producción de leche de ganado Holstein en dos modalidades de control de producción. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* [serial online]. October 2014;5(4):443-457. Available from: academic search complete, Ipswich, Ma. Accessed may 2, 2016.

- University of Minnesota (2017) Dairy nutrition. University of Minnesota Extension. <https://www.extension.umn.edu/agriculture/dairy/feed-and-nutrition/feeding-the-dairy-herd/nutrition.html>. Accessed 25/10/2017.
- USDA (United States Department of Agriculture) (2007). Dairy 2007, Part i. Reference of dairy cattle health and management practices in the United States, USDA–APHIS–vs.–CEAH–NAHMS. Fort Collins, CO, #n480.1007.
- USDA (United States Department of Agriculture) (2008). Dairy 2007, Part iii. Reference of dairy cattle health and management practices in the United States, 2007 USDA–APHIS–vs.–CEAH–NAHMS. Fort Collins, CO, #n482.0908.
- USDA (United States Department of Agriculture) (2016). Dairy 2014, “Dairy cattle management practices in the United States, 2014” USDA–APHIS–vs.–CEAH–NAHMS. Fort Collins, CO. #692.0216.
- Van Amburgh M.E., Galton D.M., Bauman D.E., Everett R.W., Fox D.G., Chase L.E., Erb H.N. (1998). Effects of Three Prepubertal Body Growth Rates on Performance of Holstein Heifers During First Lactation. *Journal of Dairy Science*, 81(2), 527-538. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75604-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75604-8).
- Vélez I.A.P, Espinosa G.J.A., Omaña S.J.M., González O.T.A., Quiroz V.J. (2013). Adopción de tecnología en unidades de producción de lechería familiar en Guanajuato, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 13, pp 88-96.
- Walsh S.W., Williams E.J., Evans A.C.O. (2011). A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 123: 127–138.
- Wood P.D.P. (1967). Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle. *Nature*. 216. 164-165. 10.1038/216164a0.

9. ANEXOS



9.1 A. Artículo

La proyección a 305 días como método para evaluar la producción de leche a nivel hato y por vaca.

305-day milk projection as a method to evaluate milk production at herd and cow level.

J.A. Alvizo-Flores, R. Jiménez-Lara and C.U. Haubi-Segura*

Universidad Autónoma de Aguascalientes, Departamento de Disciplinas Pecuarias

**Corresponding author*

Resumen

La alta producción de leche requiere un método rápido y sencillo para calcular la proyección de leche a 305 días (Proy305) y el valor económico del ganado en diferentes momentos de la lactancia. Se utilizó el método de los coeficientes de la Universidad de McGill, donde $Proy305 = Prod_{DEL}/Coef_{DEL} * 100$. Los coeficientes originales se modificaron conforme a la ecuación de Wood de 1967 ($y = a * t^b * \exp(-c * t)$) generándose los parámetros para vacas adultas y vaquillas, respectivamente, a: 0.2235466, 0.2040059, b: 0.2094196, 0.2167819 y c: 0.0041509, 0.0034993. En cada día de prueba de leche se puede analizar la producción si se conocen los datos de cada vaca (ID, raza, número de lactancia, estado reproductivo, días inseminada, DEL) para generar gráficas de dispersión separando animales de alta y baja producción. A continuación se presenta el análisis de todo el hato por medio de histograma de frecuencias ordenadas por Proy305. Se calcula la Utilidad-Vaca-Mes por alimento (UVMa) de cada animal para facilitar la selección del ganado, el seguimiento de vacas específicas y para la investigación básica y aplicada. Este método permite al ganadero y al asesor analizar cada día de la lactancia y calcular con más precisión la proyección de leche y el valor económico de cada animal.

Palabras clave: Curvas, lactancia, coeficientes, Wood,

Summary

High milk production requires a quick and simple method to calculate 305-day milk projection (Proj305) and the economic value of dairy cattle at different moments through each lactation. The method of lactation coefficients from McGill University was used, where: $Proj305 = Prod_{DIM}/Coef_{DIM} * 100$. The original coefficients were modified according to Wood's equation ($y = a * t^b * \exp(-c * t)$) generating new parameters for adult and first lactation heifers, respectively: a: 0.2235466, 0.2040059, b: 0.2094196, 0.2167819 y c: 0.0041509, 0.0034993. For each milk test day the individual production can be analyzed if all cow data is known (ID, breed, lactation number, reproductive status, days pregnant, days in milk) in order to generate X-Y dispersion graphics separating high and low producing cows. Then, a whole herd analysis is presented as a frequency histogram ordered by Proj305. Monthly-Cow-Utility for feed (MCUf) is calculated for each animal to facilitate selection of cattle, follow-up of specific animals and for basic and applied research. This method allows the farmer and consultant to analyze each lactation day and to calculate with higher precision milk projection and economic value of each animal.

Key words: lactation, curves, coefficients, Wood

Introducción

El cálculo de la producción de leche de una vaca representa una importante herramienta de manejo en los hatos lecheros, tanto para la selección del ganado como para el seguimiento de animales con problemas de salud e incluso para realizar investigación básica o aplicada (Fuhrmann, 1993, 2006; Posadas-Domínguez *et al.*, 2013; Romo-Bacco *et al.*, 2014). Numerosos modelos matemáticos se han utilizado para describir la curva de lactancia y la producción total de la lactancia (López *et al.*, 2015, Murphy *et al.*, 2014), sin embargo, éstos no son fáciles de utilizar a nivel de rancho y tampoco permiten hacer comparaciones entre establos o entre animales específicos. De forma ideal, se debería poder predecir el potencial de producción de una vaca con un mínimo (tres) de pesadas de leche, ya sea antes, durante o después del pico de lactancia. En este estudio se desarrolló un método basado en el sistema de Coeficientes de la Universidad de McGill (Montreal, Canadá) para calcular la proyección de leche a 305 días, con el objetivo de hacerlo más fácil de usar para el ganadero y el asesor técnico, así como para poder ser utilizado en la investigación animal.

Material y métodos

1) Uso del sistema de coeficientes de McGill

Los coeficientes corresponden al porcentaje de leche producido en un día específico con base en el total de leche producido en una lactancia ajustada a 305 días (Tabla 1, izquierda). Por ejemplo, una vaca adulta en su tercer mes de lactancia (media de 77 DEL), produce en ese día el 0.400% de la producción de leche a 305 días. Conforme la vaca avanza en su lactancia, la persistencia en leche disminuye, lo cual se refleja en un coeficiente más bajo. Una vaquilla de primer parto presenta una curva más plana, con un pico más bajo pero una mayor persistencia. Por ejemplo, a los 77 DEL tiene un coeficiente de sólo 0.397, pero a los 9 meses su coeficiente es de 0.279, mientras que en la vaca adulta es de 0.249. Inicialmente, el método de McGill sólo incluía coeficientes para lactancias ajustadas a 305 días, pero debido a que cada vez las lactancias se alargan más, los autores consideraron necesario ofrecer coeficientes modificados para lactancias extendidas por medio de regresión lineal a partir del pico de lactancia (Tabla 1, derecha).

Tabla 1. Coeficientes de la Universidad de McGill utilizados para calcular la proyección a 305 días del ganado, tanto para lactancias cortas como para lactancias extendidas

Mes	DEL (media)	Coeficientes originales (Univ. McGill) ¹		Coeficientes modificados lactancias extendidas ²	
		Vaquillas 1a Lactancia.	Adultas	Vaquillas 1a Lactancia.	Adultas
1	16	0.348	0.371	0.348	0.371
2	46	0.409	0.421	0.409	0.421
3	77	0.397	0.400	0.397	0.400
4	107	0.381	0.376	0.385	0.3784
5	138	0.362	0.35	0.3629	0.3512

6	168	0.344	0.326	0.3415	0.325
7	199	0.323	0.299	0.3194	0.2979
8	229	0.301	0.276	0.298	0.2717
9	260	0.277	0.249	0.2759	0.2445
10	290	0.249	0.211	0.2545	0.2183
11	321			0.2326	0.1915
12	351			0.2109	0.1648
13	382			0.1891	0.1381
14	412			0.1674	0.1115
15	443			0.1456	0.0848

¹ Fuente: Canadian Dairy Information Center. Dairy Production Lactation Curve. (<http://animsci.agrenv.mcgill.ca/courses/450/topics/11.pdf>).

² Curvas generadas por regresión lineal. Adultas= $-0.0084366x + 0.46503308$, Vaquillas: $-0.00065513x + 0.44831786$ para vaquillas

El cálculo de la proyección a 305 días se realiza dividiendo la cantidad de leche producida en un día en leche específico (Leche_{DEL}) entre el coeficiente correspondiente a los DEL (Coef_{DEL}) y multiplicándolo por 100:

$$\text{Proy305} = \text{Leche}_{\text{DEL}} / \text{Coef}_{\text{DEL}} * 100$$

Por ejemplo, una vaca con 77 DEL y 30 kg de leche tiene una proyección a 305 días de:

$$\text{Proy305} = 30 \text{ kg} / 0.400 * 100 = 7'500 \text{ kg a 305 días}$$

El modelo resultó interesante, pero tenía como defecto que las curvas eran demasiado “cuadradas”, por lo que se buscó la manera de hacerlas más “orgánicas”, para lo cual se buscó un modelo matemático que describiera la curva de leche de forma más natural.

2) Cálculo de la proyección a 305 días utilizando el modelo de Wood

Los coeficientes originales de McGill fueron calculados para cada mes de lactancia, y no para cada uno de los días de la lactancia, lo que genera cambios muy bruscos en las curvas de lactancia y en la proyección a 305 días, se decidió ajustar un modelo matemático de regresión no lineal para obtener la interpolación de todos los puntos en el tiempo. Para esto, los coeficientes también se calcularon a partir de la curva generada por los parámetros originales de McGill (Tabla 1), ajustándolos con la ecuación gama incompleta de Wood (1967):

$$Y = a * t^b * \exp(-c * t)$$

Donde “a” es un parámetro que describe el máximo de la curva, “b” y “c” son parámetros de la curva, y “t” es el tiempo, en este caso, Días en Leche (DEL). Los coeficientes a, b, c para vacas adultas y vaquillas de primer parto calculados fueron, respectivamente, a: 0.2235466, 0.2040059, b: 0.2094196, 0.2167819 y c: 0.0041509, 0.0034993. El ajuste de la curva y obtención de los parámetros a, b, c se realizaron por el método de los mínimos cuadrados utilizando el módulo de programación lineal SOLVER de la hoja de cálculo Excel (Microsoft).

Para obtener un coeficiente para un día en leche específico (Coef_{DEL}) para vacas adultas y vaquillas de primer parto:

$$\text{Coef}_{\text{DEL Adultas}} = 0.2235466 * \text{DEL}^{0.2094196} * \exp(-0.0041509 * \text{DEL})$$

$$\text{Coef}_{\text{DEL Vaquillas}} = 0.2040059 * \text{DEL}^{0.2167819} * \exp(-0.0034993 * \text{DEL})$$

Una vez que se han obtenido los coeficientes se pasa a calcular la proyección a 305 días para cada vaca del hato. Cuando se tienen varios puntos de medición se puede sacar el promedio de los DEL y de la producción de leche, los que da resultados similares a promediar las proyecciones calculadas de cada pesada.

3) Gráfico del día de prueba e histograma de frecuencias

La producción de leche de cada vaca en el día de la prueba debe incluir los datos de número de vaca, raza, número de lactancia, estado reproductivo, días inseminada para ser presentados en un gráfico de dispersión X-Y, con DEL en el eje de variables independientes (Figura 2, izq.). El cálculo de las proyecciones de todas las vacas se construye un histograma de frecuencias de la distribución de la Proy305 del hato completo, tanto de vacas recién paridas como de vacas próximas a secarse, lo que permite identificar rápidamente los animales con proyecciones menores a las que se considerarían económicamente rentables (Figura 2, der.).

4) Cálculo de la Utilidad-Vaca-Mes-Alimento (UVMa)

La Proy305 de cada vaca se multiplica por el precio de la leche y se le sustrae el costo del alimento anualizado, el cual incluye el costo del alimento designado a cada una de las etapas de producción multiplicado por el número de días en cada etapa productiva, así como los costos de alimentación del periodo seco:

$$\text{UVMa} = (\text{Proy305} * \text{PrecioLeche}) - (\text{Costo alimento 365 días})$$

Resultados y discusión

A partir del cálculo de proyección a 305 días se generó una matriz de datos, que calcula la producción de leche (LecheDEL) a partir de los días en leche (DEL) y las diferentes proyecciones de leche a 305d, de 1’000 hasta 15’000 kg por lactancia:

$$\text{LecheDEL} = \text{Proy305} * \text{CoefDEL} / 100$$

La tabla resultante se puede convertir a una gráfica de “curvas a nivel” que permite identificar rápidamente la Proy305 de una vaca si se conocen los días en leche (DEL) y la producción de leche de ese día (Figura 1).

Curvas de lactancia generadas por el modelo de coeficientes de McGill para determinar la proyección a 305 días

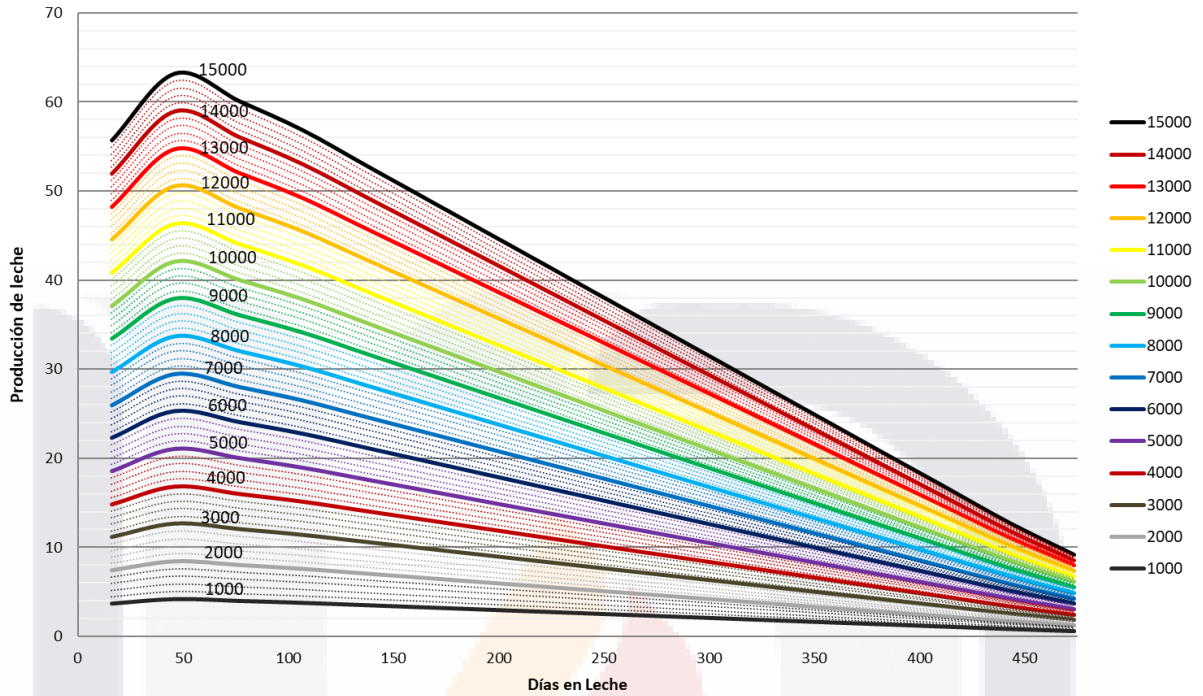


Figura 1. Curvas de lactancia generadas por el modelo de coeficientes de McGill-Wood para determinar la proyección a 305 días

Esto permite hacer comparaciones entre vacas y también de la misma vaca en diferentes momentos de la lactancia. Por ejemplo, una vaca con 30 L/v/d a 200 DEL tiene una proyección de 10'000 kg, mientras que otra vaca con los mismos 30 L/v/d a 77 DEL, su Proy305 será de 7'500 kg. Esto facilita al ganadero o al asesor el identificar los animales con producciones por encima del punto de equilibrio en su rancho (que se encuentra alrededor de los 7'500 kg Proy305).

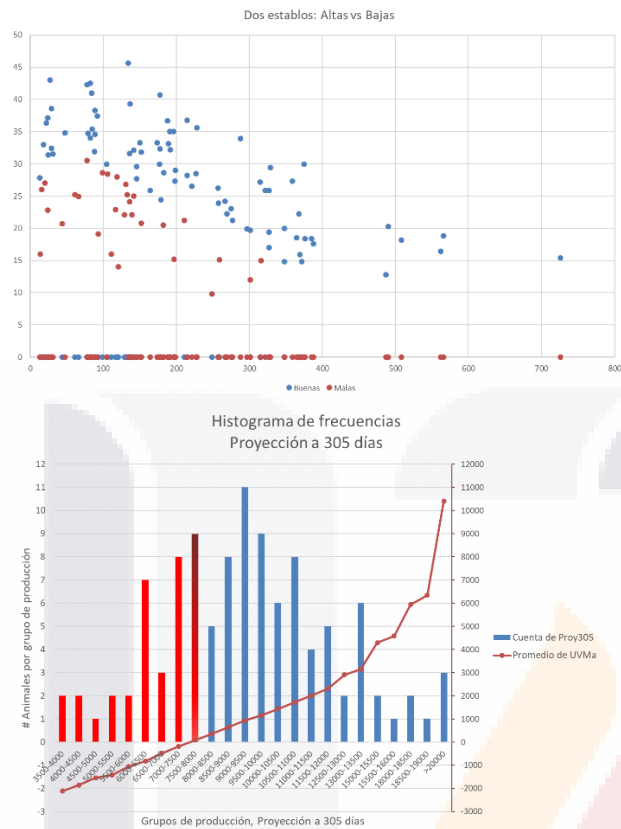


Figura 2. (Izq.) Análisis de la producción de leche en un hato productor de 110 vacas Holstein adultas en línea de ordeña, con vacas “buenas productoras” en azul y “malas productoras” en rojo. (Der.) Histograma de frecuencias mostrando la proyección a 305 días de las mismas vacas. Las vacas en rojo tienen proyecciones menores al punto de equilibrio de alimentación, por lo que se convierten en candidatas a rastro.

Este análisis permite identificar rápidamente a las vacas con proyecciones de leche inferiores, que no se pagan a sí mismas a lo largo de una lactancia, por lo que son sujetas a desecho una vez que su producción baje. Este método puede utilizarse también para realizar comparaciones entre vacas en pruebas de comportamiento utilizando el método *switchback*, donde cada vaca es su propio control varias veces.

Conclusiones

El análisis de las curvas de producción de leche a través del método de los coeficientes de McGill permite calcular la proyección a 305 días de vacas en cualquier momento de su lactancia, convirtiéndolo en un método rápido y sencillo de selección y evaluación del ganado.

Agradecimientos

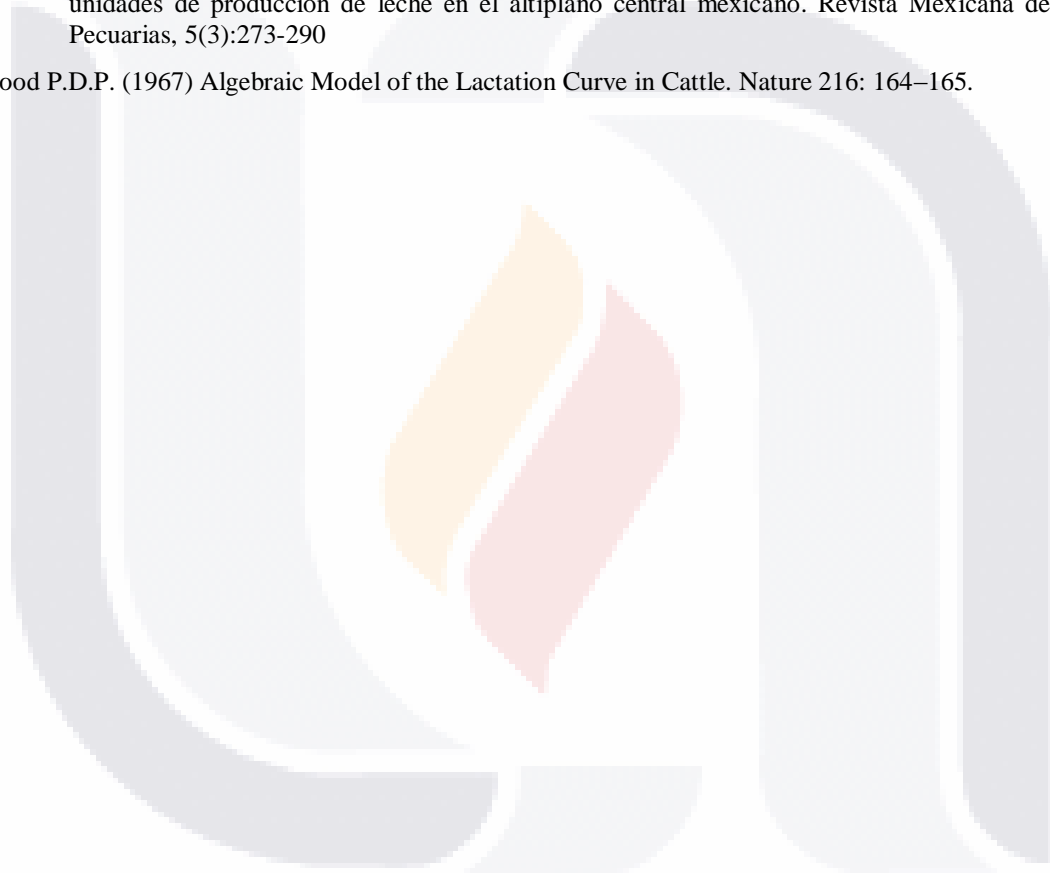
Los autores desean agradecer a la UAA por el apoyo económico brindado para desarrollar este proyecto de investigación (PIP/NA 16-2) y al CONACyT por la beca de maestría otorgada al autor principal del trabajo.

Referencias

Fuhrmann, Thomas (1993). Production medicine in large dairy herds. Western Large Dairy Herd Management Conference, Las Vegas, Nevada. Pp. 157-166

Fuhrmann Thomas (2006). Managing the dairy farm: key performance indicators. Western Canadian Dairy Seminar Proceedings. [Http://www.wcds.ca](http://www.wcds.ca)

- López S, France J, Dijkstra J, et al. (2015). On the analysis of Canadian Holstein dairy cow lactation curves using standard growth functions. *Journal of Dairy Science* [serial online]. April 2015;98(4):2701-2712. Available from: academic search complete, Ipswich, MA. Accessed May 19, 2016.
- Murphy, M.D., O'Mahony, M.J., Shalloo, L., French P., Upton J.(2014) Comparison of modelling techniques for milk-production forecasting. *Journal of Dairy Science*, 97(6): 3352-3363.
- Posadas Domínguez Rodolfo Rogelio, Salinas Martínez Jesús Armando, Nicolás Callejas Juárez, Gregorio Álvarez Fuentes, José Herrera Haro, Carlos Manuel Arriaga Jordán Y Francisco Ernesto Martínez Castañeda. (2013). Análisis de costos y estrategias productivas en la lechería de pequeña escala en el periodo 2000-2012. *Contaduría y administración* 59 (2): 253-275
- Romo Bacco C. E., Valdivia Flores A. G. Carranza Trinidad R. G. Cámara Córdova J., Zavala Arias M. P. Flores Ancira E. Espinosa García J. A. (2014) Brechas de rentabilidad económica en pequeñas unidades de producción de leche en el altiplano central mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(3):273-290
- Wood P.D.P. (1967) Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle. *Nature* 216: 164–165.



9.2 B Análisis estadístico.

Modelos Lineales Generalizados

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

A=Tipo Rancho

B=Edad

Número de factores cuantitativos: 0

Análisis de Varianza para proy305 2

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	6.55834E9	5	1.31167E9	110.49	0.0000
Residuo	2.51245E11	21164	1.18713E7		
Total (Corr.)	2.57803E11	21169			

Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tipo Rancho	1.93994E9	2	9.69969E8	421.46	0.0024
Edad	1.29316E8	1	1.29316E8	25.97	0.0001
Tipo Rancho*Edad	4.60292E6	2	2.30146E6	0.19	0.8238
Residuo	2.51245E11	21164	1.18713E7		
Total (corregido)	2.57803E11	21169			

Cuadrados Medios Esperados (CME)

<i>Fuente</i>	<i>CME</i>
Tipo Rancho	(4)+117.368(3)+234.737(1)
Edad	(4)+84.519(3)+Q1
Tipo Rancho*Edad	(4)+117.368(3)
Residuo	(4)

Denominadores de Prueba-F

<i>Fuente</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Denominador</i>
Tipo Rancho	2.00	2.30146E6	(3)
Edad	18.05	4.97989E6	0.7201(3)+0.2799(4)
Tipo Rancho*Edad	21164.00	1.18713E7	(4)

Componentes de Varianza

<i>Fuente</i>	<i>Estimado</i>
Tipo Rancho	4.12236E6
Tipo Rancho*Edad	-81537.1
Residuo	1.18713E7

R-Cuadrada = 2.54393 porciento

R-Cuadrada (ajustada por g.l.) = 2.52091 porciento

Error estándar del est. = 3445.48

Error medio absoluto = 2444.28

Estadístico Durbin-Watson = 0.963775 (P=0.0000)

Análisis de Residuos

	<i>Estimación</i>	<i>Validación</i>
n	21170	
CME	1.18713E7	
MAE	2444.28	
MAPE		
ME	1.32727E-11	
MPE		

El StatAdvisor

Esta ventana resume los resultados de ajustar un modelo estadístico lineal general que relaciona a proy305 2 con 2 factores predictivos. Dado que el valor-P en la primer tabla ANOVA para proy305 2 es menor que 0.05, hay una relación estadísticamente significativa entre proy305 2 y las variables predictoras con un nivel de confianza del 95.0%.

La segunda tabla ANOVA para proy305 2 prueba la significancia estadística de cada factor conforme fue introducido al modelo. Nótese que el valor-P más alto es 0.8238, que corresponde a A*B. Dado que el valor-P es mayor o igual que 0.05, ese término no es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95.0%. Consecuentemente, debería considerar eliminar A*B del modelo. El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 2.54393% de la variabilidad en proy305 2. El estadístico R-Cuadrada ajustada, el cual es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 2.52091%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 3445.48. Este valor puede utilizarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones seleccionando la opción de Reportes del menú de texto. El error medio absoluto (MAE) de 2444.28 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa con base en el orden en el que se presentaron en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, hay indicación de una posible correlación serial. Grafique los residuos versus el número de fila para ver si hay algún patrón que pueda detectarse.

La salida también resume el desempeño del modelo para ajustar los datos, y para predecir cualquier valor retenido fuera del proceso de ajuste.

Se muestra:

- (1) el cuadrado medio del error (CME)
- (2) el error medio absoluto (MAE)
- (3) el porcentaje de error medio absoluto (MAPE)
- (4) el error medio (ME)
- (5) el porcentaje de error medio (MPE)

Cada uno de los estadísticos está basado en los residuos. Los primeros tres estadísticos miden la magnitud de los errores. El mejor modelo dará el valor más pequeño. Los últimos dos estadísticos miden el bias (sesgo). El mejor modelo dará un valor cercano a 0. NOTA: el MAPE y el MPE no fueron calculados debido a que el valor más pequeño en el conjunto de datos es menor o igual a 0.

Límites de confianza del 95.0% para los coeficientes estimados (proy305 2)

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>		<i>Límite Superior</i>	<i>V.I.F.</i>
		<i>Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>		
CONSTANTE	8011.63	153.002	7711.76	8311.51	
Tipo Rancho	1391.97	153.645	1090.83	1693.11	2.09881
Tipo Rancho	882.341	256.73	379.159	1385.52	1.95002
Edad	504.98	153.002	205.101	804.859	40.134
Tipo Rancho*Edad	-70.4211	153.645	-371.561	230.718	40.5115
Tipo Rancho*Edad	-36.8533	256.73	-540.036	466.329	1.95137

El StatAdvisor

Esta tabla muestra intervalos de confianza del 95.0% para los coeficientes en el modelo.

Los intervalos de confianza muestran con que precisión se pueden estimar los coeficientes dada la cantidad de datos disponibles y del ruido que está presente. También se incluyen los factores de inflación de varianza, los cuales pueden usarse para medir la extensión con la que están correlacionadas las variables predictoras entre ellas mismas. VIF's por encima de 10, de los cuales hay 2, generalmente se considera que indican una seria multicolinealidad. Una seria multicolinealidad aumenta considerablemente la estimación del error de los coeficientes del modelo, en comparación con una muestra ortogonal.

**Tabla de Medias de Mínimos Cuadrados para proy305 2
con intervalos de confianza del 95.0 %**

			<i>Error</i>	<i>Límite</i>	<i>Límite</i>
<i>Nivel</i>	<i>Recuento</i>	<i>Media</i>	<i>Estándar</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>
MEDIA GENERAL	21170	8011.63	153.002	7711.76	8311.51
Tipo Rancho					
A	20818	9403.61	10.7101	9357.5	9449.71
B	112	8893.97	157.221	8217.23	9570.72
C	240	5737.32	126.539	5192.64	6282.0
Edad					
Adulta	12665	8516.61	99.3569	8307.91	8725.31
Vaquilla	8505	7506.65	171.489	7146.44	7866.87
Tipo Rancho por Edad					
A Adulta	12390	9838.16	30.9538	9777.5	9898.83
A Vaquilla	8428	8969.05	37.5308	8895.49	9042.61
B Adulta	79	9362.1	387.647	8602.33	10121.9
B Vaquilla	33	8425.85	599.781	7250.3	9601.4
C Adulta	196	6349.58	246.106	5867.22	6831.94
C Vaquilla	44	5125.07	519.426	4107.01	6143.13

El StatAdvisor

Esta tabla muestra la proy305 2 media para cada nivel de los factores. También muestra los errores estándar de cada media, que son una medida de su variabilidad de muestreo. La dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95.0% para cada una de las medias. Puede desplegar estas medias e intervalos seleccionando Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas.

Comparaciones Múltiples para proy305 2 por Edad

Método: 95.0 por ciento HSD de Tukey

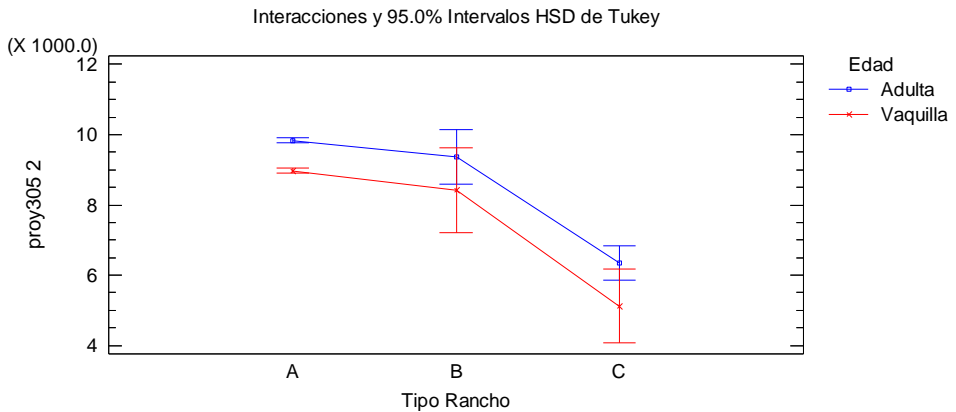
<i>Edad</i>	<i>Recuento</i>	<i>Media MC</i>	<i>Sigma MC</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Vaquilla	8505	7506.65	171.489	x
Adulta	12665	8516.61	99.3569	x

Contraste	Sig.	Diferencia	Límites +/-
Adulta - Vaquilla	*	1009.96	416.304

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuales medias son significativamente diferentes de cuales otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. Se ha colocada un asterisco junto a 1 par, indicando que este par exhibe una diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95.0%. Al principio de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos, usando columnas de X's. Dentro de cada columna, los niveles conteniendo X's forman un grupo de medias entre las cuales no hay diferencias estadísticamente significativas. El método actualmente usado para discriminar entre las medias es el procedimiento de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un 5.0% de riesgo de decir que uno o más pares de medias son estadísticamente diferentes cuando su diferencia real es igual a 0. NOTA: los intervalos no son exactos puesto que el número de observaciones en cada nivel no es el mismo. Puede considerar usar el procedimiento de Bonferroni en su lugar.



Modelos Lineales Generalizados

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 1

A=Tipo Rancho

Número de factores cuantitativos: 1

B=DEL Pesada

Análisis de Varianza para ENL Mcal_día

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	51933.0	5	10386.6	1656.36	0.0000
Residuo	132714.	21164	6.27074		
Total (Corr.)	184647.	21169			

Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tipo Rancho	13038.6	2	6519.28	1039.63	0.0000
DEL Pesada	62.3738	1	62.3738	0.66	0.4977
Tipo Rancho*DEL Pesada	279.914	2	139.957	22.32	0.0000
Residuo	132714.	21164	6.27074		
Total (corregido)	184647.	21169			

Cuadrados Medios Esperados (CME)

<i>Fuente</i>	<i>CME</i>
Tipo Rancho	(4)+101.89(1)
DEL Pesada	(4)+3.22419E6(3)+Q1
Tipo Rancho*DEL Pesada	(4)+4.90882E6(3)
Residuo	(4)

Denominadores de Prueba-F

<i>Fuente</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Denominador</i>
Tipo Rancho	21164.00	6.27074	(4)
DEL Pesada	2.09	94.0779	0.6568(3)+0.3432(4)
Tipo Rancho*DEL Pesada	21164.00	6.27074	(4)

Componentes de Varianza

<i>Fuente</i>	<i>Estimado</i>

Tipo Rancho	63.9222
Tipo Rancho*DEL Pesada	0.0000272339
Residuo	6.27074

R-Cuadrada = 28.1256 por ciento

R-Cuadrada (ajustada por g.l.) = 28.1086 por ciento

Error estándar del est. = 2.50414

Error medio absoluto = 1.70009

Estadístico Durbin-Watson = 1.4223 (P=0.0000)

Análisis de Residuos

	Estimación	Validación
n	21170	
CME	6.27074	
MAE	1.70009	
MAPE	4.67839	
ME	-4.33996E-12	
MPE	-0.497793	

El StatAdvisor

Esta ventana resume los resultados de ajustar un modelo estadístico lineal general que relaciona a ENL Mcal_día con 2 factores predictivos. Dado que el valor-P en la primera tabla ANOVA para ENL Mcal_día es menor que 0.05, hay una relación estadísticamente significativa entre ENL Mcal_día y las variables predictoras con un nivel de confianza del 95.0%.

La segunda tabla ANOVA para ENL Mcal_día prueba la significancia estadística de cada factor conforme fue introducido al modelo. Nótese que el valor-P más alto es 0.4977, que corresponde a B. Dado que el valor-P es mayor o igual que 0.05, ese término no es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95.0%. Consecuentemente, debería considerar eliminar B del modelo. El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 28.1256% de la variabilidad en ENL Mcal_día. El estadístico R-Cuadrada ajustada, el cual es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 28.1086%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 2.50414. Este valor puede utilizarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones seleccionando la opción de Reportes del menú de texto. El error medio absoluto (MAE) de 1.70009 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa con base en el orden en el que se presentaron en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, hay indicación de una posible correlación serial. Grafique los residuos versus el número de fila para ver si hay algún patrón que pueda detectarse.

La salida también resume el desempeño del modelo para ajustar los datos, y para predecir cualquier valor retenido fuera del proceso de ajuste.

Se muestra:

- (1) el cuadrado medio del error (CME)

- (2) el error medio absoluto (MAE)
- (3) el porcentaje de error medio absoluto (MAPE)
- (4) el error medio (ME)
- (5) el porcentaje de error medio (MPE)

Cada uno de los estadísticos está basado en los residuos. Los primeros tres estadísticos miden la magnitud de los errores. El mejor modelo dará el valor más pequeño. Los últimos dos estadísticos miden el bias (sesgo). El mejor modelo dará un valor cercano a 0.

Límites de confianza del 95.0% para los coeficientes estimados (ENL Mcal_día)

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>		<i>Límite Superior</i>	<i>V.I.F.</i>
		<i>Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>		
CONSTANTE	34.1486	0.172998	33.8096	34.4877	
Tipo Rancho	6.40583	0.173958	6.06488	6.74679	5.09337
Tipo Rancho	0.52744	0.29728	-0.0552186	1.1101	4.94993
DEL Pesada	-0.0025394	0.000805172	-0.00411751	-0.000961285	31.9153
Tipo Rancho*DEL Pesada	-0.00478755	0.000809434	-0.00637401	-0.00320108	35.9307
Tipo Rancho*DEL Pesada	0.0014751	0.00140345	-0.00127561	0.00422582	5.3361

El StatAdvisor

Esta tabla muestra intervalos de confianza del 95.0% para los coeficientes en el modelo.

Los intervalos de confianza muestran con que precisión se pueden estimar los coeficientes dada la cantidad de datos disponibles y del ruido que está presente. También se incluyen los factores de inflación de varianza, los cuales pueden usarse para medir la extensión con la que están correlacionadas las variables predictoras entre ellas mismas. VIF's por encima de 10, de los cuales hay 2, generalmente se considera que indican una seria multicolinealidad. Una seria multicolinealidad aumenta considerablemente la estimación del error de los coeficientes del modelo, en comparación con una muestra ortogonal.

Tabla de Medias de Mínimos Cuadrados para ENL Mcal_día con intervalos de confianza del 95.0 %

<i>Nivel</i>	<i>Recuento</i>	<i>Media</i>	<i>Error</i>		
			<i>Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GENERAL	21170	33.6816	0.0959854	33.4935	33.8697
Tipo Rancho					
A	20818	39.2069	0.0173556	39.1729	39.2409
B	112	34.4803	0.237524	34.0148	34.9459
C	240	27.3575	0.161863	27.0403	27.6748

Medias de Factores Cuantitativos

DEL Pesada	183.921
------------	---------

El StatAdvisor

Esta tabla muestra la ENL Mcal_dia media para cada nivel de los factores. También muestra los errores estándar de cada media, que son una medida de su variabilidad de muestreo. La dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95.0% para cada una de las medias. Puede desplegar estas medias e intervalos seleccionando Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas.

Comparaciones Múltiples para ENL Mcal_dia por Tipo Rancho

Método: 95.0 porciento HSD de Tukey

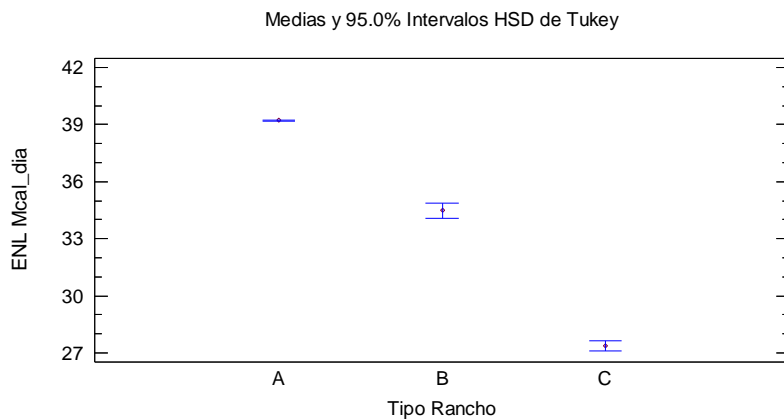
Tipo Rancho	Recuento	Media MC	Sigma MC	Grupos Homogéneos
C	240	27.3575	0.161863	X
B	112	34.4803	0.237524	X
A	20818	39.2069	0.0173556	X

Contraste	Sig.	Diferencia	Límites +/-
A - B	*	4.72656	0.984193
A - C	*	11.8494	0.718615
B - C	*	7.12279	1.21411

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuales medias son significativamente diferentes de cuales otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. Se ha colocado un asterisco junto a 3 pares, indicando que estos pares exhiben una diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95.0%. Al principio de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos, usando columnas de X's. Dentro de cada columna, los niveles conteniendo X's forman un grupo de medias entre las cuales no hay diferencias estadísticamente significativas. El método actualmente usado para discriminar entre las medias es el procedimiento de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un 5.0% de riesgo de decir que uno o más pares de medias son estadísticamente diferentes cuando su diferencia real es igual a 0. NOTA: los intervalos no son exactos puesto que el número de observaciones en cada nivel no es el mismo. Puede considerar usar el procedimiento de Bonferroni en su lugar.



9.3 Cálculo de los coeficientes ajustados a la ecuación de Wood

Cálculo de los coeficientes a partir de la curva generada por los parámetros originales de McGill (Tabla 3), ajustándolos con la ecuación gama incompleta de Wood (1967):

$$Y = a * t^b * \exp(-c * t)$$

Donde “a” es un parámetro que describe el máximo, “b” y “c” son parámetros de la curva, y “t” es el tiempo, en este caso, Días en Leche (DEL).

El ajuste de la curva y obtención de los parámetros a, b, c se realizaron por el método de los mínimos cuadrados utilizando el módulo de programación lineal SOLVER de la hoja de cálculo Excel (Microsoft).

Mecánica del cálculo.

En una hoja de Excel coloque en columnas adyacentes los parámetros originales de la Universidad de McGill. Enseguida de esas columnas se colocan los títulos para columnas de las curvas del modelo Wood tanto para vacas de primera lactancia y vacas adultas. En cada celda de esta columna se colocan los parámetros para la resolución de la ecuación

$Y = a * t^b * \exp(-c * t)$ correspondiendo cada celda con su día en leche y celdas para los parámetros a, b y c. en este ejemplo la ecuación quedaría como

$$= \$F\$31 * E11^{\$F\$32} * \text{EXP}(-\$F\$33 * E11)$$

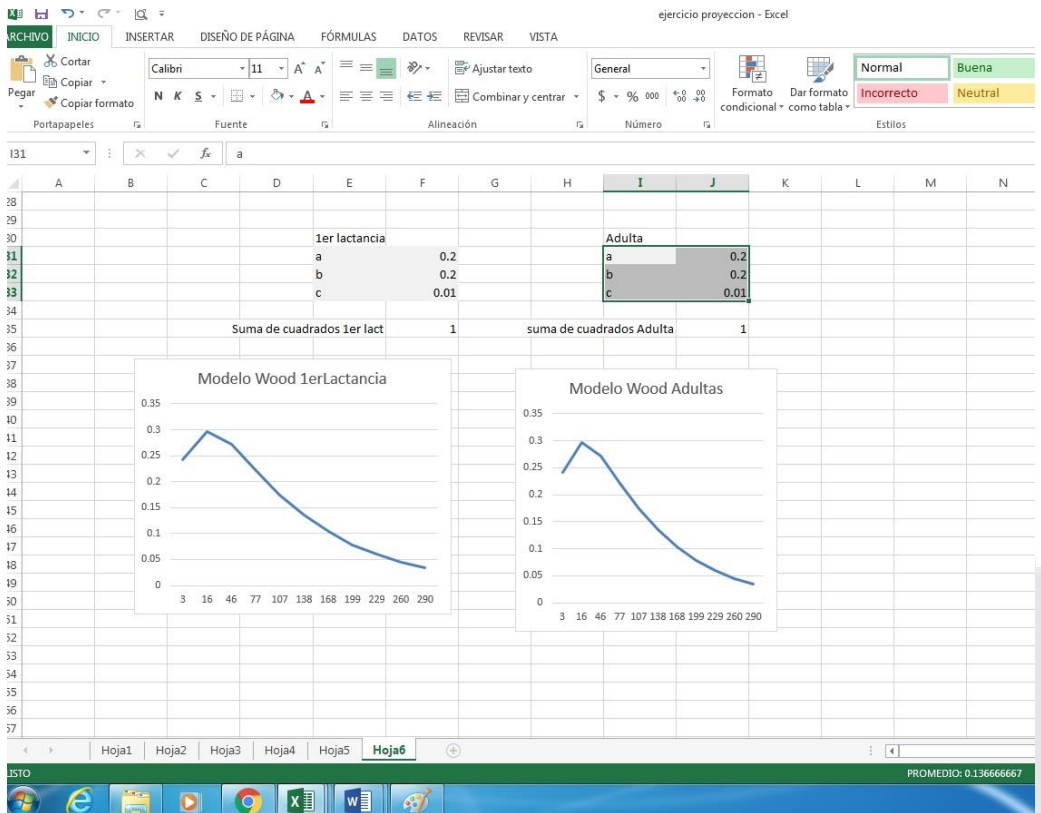
ejercicio proyeccion - Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10				Mes de lactancia	Dias en leche	McGill 1a Lactancia	McGill Adultas	Modelo Wood 1erLactancia	Modelo Wood Adultas	suma de cuadrados 1er lactancia	suma de cuadrados adultas		
11				0.1	3			0.24839987	0				
12				1	16	0.348	0.371	0.34269304	0				
13				2	46	0.409	0.421	0.41077501	0				
14				3	77	0.397	0.400	0.44145604	0				
15				4	107	0.381	0.376	0.45754861	0				
16				5	138	0.362	0.350	0.46673801	0				
17				6	168	0.344	0.326	0.47111874	0				
18				7	199	0.323	0.299	0.47247193	0				
19				8	229	0.301	0.276	0.47156727	0				
20				9	260	0.277	0.249	0.46893009	0				
21				10	290	0.249	0.211	0.46511912	0				
22													

En celdas independientes se colocan los parámetros a, b y c donde se colocan valores iniciales para modelar la curva. Sírvase de ayuda colocando graficas a partir de las columnas de días en leche y el modelo de Wood tanto para vacas de primera lactancia como vacas adultas

ejercicio proyeccion - Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10				Mes de lactancia	Dias en leche	McGill 1a Lactancia	McGill Adultas	Modelo Wood 1erLactancia	Modelo Wood Adultas	suma de cuadrados 1er lactancia	suma de cuadrados adultas		
11				0.1	3			0.24173201	0.24173201				
12				1	16	0.348	0.371	0.34269304	0.34269304				
13				2	46	0.409	0.421	0.41077501	0.41077501				
14				3	77	0.397	0.400	0.44145604	0.44145604				
15				4	107	0.381	0.376	0.45754861	0.45754861				
16				5	138	0.362	0.350	0.46673801	0.46673801				
17				6	168	0.344	0.326	0.47111874	0.47111874				
18				7	199	0.323	0.299	0.47247193	0.47247193				
19				8	229	0.301	0.276	0.47156727	0.47156727				
20				9	260	0.277	0.249	0.46893009	0.46893009				
21				10	290	0.249	0.211	0.46511912	0.46511912				
22													



A continuación agregue dos columnas con el título de suma de cuadrados. En las celdas de estas columnas realiza la ecuación de la elevación al cuadrado de los datos para cada uno de los coeficientes menos el valor de la celda correspondiente al modelo de Wood y los eleva al cuadrado. $(\text{Dato} - \text{ModeloWood})^2$. La suma de los datos de estas columnas colóquelo en una celda adyacente a los parámetros a, b y c. ya que será utilizado como celda objetivo para el módulo de programación lineal Solver.

ejercicio proyector

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA

Cortar Copiar Copiar formato Pegar

Arial 10 Fuente Alineación Ajustar texto Combinar y centrar General Número

J10 suma de cuadrados 1er lactancia

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
			Mes de lactancia	Días en leche	McGill 1a Lactancia	McGill Adultas		Modelo Wood 1erLactancia	Modelo Wood Adultas	suma de cuadrados 1er lactancia	suma de cuadrados adultas			
10			0.1	3										
11			1	16	0.348	0.371		0.241783	0.241783	0.058459	0.058459			
12			2	46	0.409	0.421		0.296734	0.296734	0.002628	0.005515			
13			3	77	0.397	0.400		0.220761	0.220761	0.03106	0.032127			
14			4	107	0.381	0.376		0.174667	0.174667	0.042573	0.040535			
15			5	138	0.362	0.350		0.134737	0.134737	0.051621	0.046312			
16			6	168	0.344	0.326		0.103867	0.103867	0.057664	0.049343			
17			7	199	0.323	0.299		0.078805	0.078805	0.059631	0.048486			
18			8	229	0.301	0.276		0.060043	0.060043	0.05806	0.046637			
19			9	260	0.277	0.249		0.045171	0.045171	0.053745	0.041546			
20			10	290	0.249	0.211		0.034202	0.034202	0.046138	0.031257			
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30				1er lactancia				Adulta						
31				a	0.2			a	0.2					
32				b	0.2			b	0.2					
33				c	0.01			c	0.01					
34														
35				Suma de cuadrados 1er lactancia	0.422021			suma de cuadrados Adulta	0.364103					
36														
37														
38														
39														
40														
41														
42														
43														
44														
45														
46														
47														
48														
49														
50														

Modelo Wood 1erLactancia

Modelo Wood Adultas

Hoja1 Hoja2 Hoja3 Hoja4 Hoja5 **Hoja6**

LISTO

Habr  la herramienta Solver de la hoja de Excel y coloque la celda de la suma de cuadrados como celda objetivo, enseguida seleccione el botón Mínimos enseguida seleccione las celdas con los parámetros a, b y c como celdas de variables. Haga corre el programa y este hace que cambien los valores de las celdas a b y c ajustando la curva correspondiente. Así obtiene los parámetros a b y c para aplicarlos a cualquier día en leche que desee y obtener el coeficiente correspondiente.

De esta misma manera puede obtener coeficientes para la producción de grasa, proteína, cambio de peso vivo, cambio en la condición corporal teniendo los datos promedios de producción de los componentes y los promedios de cambios de peso vivo y condición corporal. Tomando en cuenta que todos estos elementos presentan una curva inversa a la curva de lactancia para obtener los coeficientes se utiliza el inverso de la ecuación de Wood

$$\text{Coeficiente} = 1 / Y = a * t^b * \exp(-c * t)$$

