

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORIA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**CARACTERIZACIÓN LACTACIONAL Y REPRODUCTIVA DE LAS
RAZAS HOLSTEIN Y PARDO SUIZO EN HATOS LECHEROS
GRADO A.**

POR

JUAN RAMON BATISTA CABALLERO
CÉDULA 4 – 718 – 30

DAVID, CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2011

**CARACTERIZACIÓN LACTACIONAL Y REPRODUCTIVA DE
LAS RAZAS HOLSTEIN Y PARDO SUIZO EN HATOS
LECHEROS GRADO A.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS PECUARIAS CON ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN
ANIMAL**

**VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO POSGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL
DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO:

**PROF. MGTER. EDIL E. ARAÚZ S.
DIRECTOR**

**PROF. MGTER. NELSON MÉNDEZ M.
COMITÉ**

**PROF. MGTER. ARTURO G. FUENTES
COMITÉ**



DAVID, CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2011

AGRADECIMIENTO

Primeramente a **Dios**, por darme la oportunidad la paciencia e inteligencia para culminar exitosamente esta maestría

A mi profesor y amigo **M.Sc. Edil E. Araúz**, por guiarme, motivarme y orientarme en la culminación de mi trabajo de grado de maestro. De igual manera a mi Comité Evaluador **Nelson Méndez** y **Arturo Fuentes** por sus importantes aportes y sugerencia que contribuyeron a la mejor estructura de este trabajo

Quiero agradecer muy especialmente a los señores **Ing. Alfredo Arias, Dr. Jaime Espinosa, Sr. Enrique Athanasiades** y a **CARINTHIA S.A** por facilitar muy cordialmente sus fincas y sus bases de datos para la realización de este trabajo de investigación

Deseo expresar mi gratitud a todos los excelentes profesores, a mis compañeros de la Maestría en Ciencias Pecuarias. **Alex, Reggie, Carlos y Manuel**, por su amistad, compañerismo, paciencia y por los gratos recuerdos que compartimos durante estos años de estudios

Agradezco a Maggie por su apoyo y sugerencia a lo largo de estos años de estudios, así como también por la revisión de ortografía y gramática de este documento.

A todos los que de una u otra manera nos ayudaron para culminar este trabajo muchas gracias y que Dios los bendigas.

Ing. Juan Ramón Batista Caballero

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo primeramente a mis padres **Juan Ramón** y **Benicia** por su apoyo, consejos y enseñanzas a lo largo de vida, que me han permitido superar obstáculos y lograr mis objetivos.

A mi querida esposa **Luz Daris** y a mi adorado hijo **Juancito** por ser fuente de inspiración, apoyo moral y pilares fundamentales para la culminación de este trabajo.

Igualmente a mis hermanas **Azalia, Leidy y Cindy** ya que siempre me han ayudado siendo otra guía en mi vida, de igual manera a mi suegra **Daphne** por su apoyo y palabras de alientos en los momentos difíciles por último a mis sobrinos por ser un soporte más en mi vida y en la obtención de mis objetivos

Ing. Juan Ramón Batista Caballero

CARACTERIZACIÓN LACTACIONAL Y REPRODUCTIVA E INTERRELACION DE LOS INDICADORES DE LA PRODUCCIÓN Y LA FERTILIDAD EN VACAS HOLSTEIN Y PARDO SUIZO EN LECHERÍAS GRADO A EN EL MEDIO TROPICAL

Juan Ramón Batista Caballero

Julio, 2011

RESUMEN

El desempeño lactacional y reproductivo en vacas de la raza Holstein y Pardo Suizo fueron analizados en cuatro fincas lecheras con tecnología intensiva para la producción de leche Grado A; con el objetivo de determinar los indicadores de su biología y la interrelación producción – reproducción, producción – potencial energético y proteico de la dieta y producción – estrés calórico en el medio tropical húmedo. Las características de la producción de leche y los indicadores de la reproducción fueron asociados con el perfil nutricional energético y proteico, así como con el entorno micro climático en base a la temperatura ambiental diurna (TA_{bs}), el índice de temperatura – humedad (ITH) y el ITH ajustado por radiación solar directa y la velocidad del viento ($ITH_{ajustado\ RSD+VV}$). Un total de 1850 lactaciones fueron empleadas en el estudio (Holstein 991 y Pardo Suizo 859). Los entornos micro ambientales evaluados fueron cuatro: I (altitud 775 msnm, temperatura ambiental diurna máxima 35.6 °C; ITH promedio diurno 79.48 e ITH diurno ajustado 81.82), II (altitud 780 msnm, temperatura ambiental diurna máxima 33.4 °C; ITH promedio diurno 77.14 e ITH diurno ajustado 79.170, III (altitud 1325 msnm, temperatura ambiental diurna máxima 31.5 °C, ITH promedio diurno 67.18 e ITH ajustado 69.98) y IV (altitud 1950 msnm, temperatura ambiental diurna máxima 30.6 °C, ITH promedio diurno 64.88 y el ITH ajustado 66.61). El perfil de la dieta y el modelo de alimentación fueron evaluados según la materia seca, carbohidratos estructurales, proteína, energía neta lactacional, calcio y fósforo. El consumo de materia seca diario en la finca I, II, III y IV fue 14.69, 15.06, 17.34 y 17.78 kg/vaca y la dieta ofertada presentó un contenido de humedad de 64.89, 66.74, 62.36 y 65.18%. El aporte diario de energía neta para leche en las cuatro fincas fue 24.72, 24.68, 30.08 y 27.60 Mcal y el valor proteico de la dieta correspondió a 1982, 2188, 2846 y 3366 g/vaca día. La materia seca total tuvo una composición vegetal de 44.29, 49.80, 47 y 43.14%, evidenciando una fuerte dependencia en el uso de concentrado. El contenido de proteína total en las fincas fue 13.49% (HBV), 14.53% (FCLSA), 16.41% (FTZ) y 18.93% (HCA) y la densidad de energía neta para leche fue 1.683, 1.639, 1.735 y 1.552 Mcal/kg. El estándar somático para las vacas en producción fue 570 kg (HBV), 574 kg (FCLSA), 602 kg (FTZ) y 605 kg (HCA) con un requerimiento de Energía Neta para mantenimiento ajustado por locomoción y disipación calórico de 12.12, 11.65, 11.64 y 11.64 Mcal/día. El soporte energético para la producción de leche ajustado a 3.5% de grasa en los cuatro modelos de alimentación fue 18.36 (I), 18.88 (II), 26.72 (III) y 23.13 kg (IV), indicando que el

potencial energético de la dieta fue un factor determinante para el desempeño lactacional y el desarrollo de la curva de lactación, resultando que el menor soporte energético fue acompañado del mayor grado de estrés calórico. La producción de leche real por periodo lactacional fue diferente entre las razas Holstein y Pardo Suizo ($P < .0001$) y entre los partos ($P < .0001$); así como también fue afectada por el periodo seco y el intervalo entre partos previo ($P < .0001$). Las dos razas se comportaron diferentes en su ciclo de producción acumulada en las primeras 9 a 10 lactaciones ($P < .0001$). No obstante, la duración del periodo de producción fue homogéneo entre las razas Holstein y la Pardo Suizo, aunque fue afectado covariativamente por el periodo seco y el intervalo entre parto previo ($P < .0001$). La producción de leche real y el tiempo en ordeño en la raza Holstein según los partos a partir de 991 lactaciones completas fue: 6063 kg en 384 días (1^{ero}), 7330.4 en 359 días (2^{do}), 7902 kg en 366 días (3^{ero}), 7798 kg en 361 días (4^{to}), 7789 kg en 366 días (5^{to}), 6749 en 345 días (6^{to}), 6658 kg en 341 días (7^{mo}) y 6152 kg en 330 días (8^{vo} parto). La trayectoria del modelo lactacional en la raza Holstein en ocho partos mostró la fase de incremento en las primeras tres lactaciones (+31.36%) y la tendencia evidenció una estabilidad hasta la 5^a lactación, a partir de la cual se produjo una reducción gradual, alcanzando una merma de -22.14%; y la tendencia lactacional total fue $PLR \text{ (kg)} = 4228.5 + 2298.5L - 435.07L^2 + 22.752L^3$ ($R^2_{aj} = 0.9698$, $P < .001$). La duración lactacional en ocho periodos de producción se redujo desde la primera lactación hasta la octava en 14.11%; indicando una consistencia regresiva negativa asociada con factores genéticos, fisiológicos, nutricionales y de producción. La producción de leche real y el tiempo en ordeño en la raza Pardo Suizo según el número lactacional combinando fue: 5049.7 kg en 364 días (1^{ero}), 5749.4 kg en 350 días (2^{do}), 6020.2 kg en 357 días (3^{er}), 5819.2 kg en 339 días (4^{to}), 5887.9 kg en 352 días (5^{to}), 5605.1 kg en 344 días (6^{to}), 5331.53 kg en 334 días (7^{mo}), 5284.9 kg en 337 días (8^{vo}) y 4803.8 kg en 334 días (9^{no}) y 4010.3 kg en 314 días (10^{mo}). El incremento de la producción láctea real entre las primeras tres lactaciones fue de 19.22% y a partir de la cuarta lactación la producción de leche real se redujo en 20.21% hasta la décima lactancia. La trayectoria de la producción de leche real en la raza Pardo Suizo en los 10 partos típicos de la vida útil en los cuatro hatos lecheros evaluados fue descrita como la expresión $PLR \text{ (kg)} = 4257.7 + 1039.7L - 188.67L^2 + 8.9958L^3$ ($R^2_{aj} = 0.933$, $P < .001$). El número lactacional mostró la fase de incremento galactopoiético, el área de estabilidad muy corta y finalmente el componente de regresión negativa (-20.21%). La tendencia lactacional fue irregular y compensatoria a través de 10 partos en la raza Pardo Suizo. La producción de leche ajustada a 305 días fue influenciada por la raza ($P < .0001$), los partos ($P < .0001$), el periodo seco ($P < .0001$) y el intervalo entre partos previo ($P < .0001$). La zona lactogénica se estabilizó en la tercera lactación en las razas Holstein (6794.66 kg) y Pardo Suizo (5266.66 kg), sin embargo, esta última raza solo alcanzó el 84.70, 78.83 y 77.52% de la raza Holstein. La producción de leche a 100 días en la 1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra} lactación en la raza Holstein fue 1878.22, 2484.01 y 2633.49 kg ($P < .001$) y en la raza Pardo

Suizo fue 1580 82, 1972 57 y 2114 68 kg ($P < .001$). El periodo de descanso preparto fue entre 99 y 121 días en la Holstein y entre 98 y 125 días en la raza Pardo Suizo, siendo superior al estándar de descanso entre 30 y 60 días. La edad al primer parto en la Holstein fue 33.12 ± 19 meses y en la raza Pardo Suizo 35.52 ± 9.05 meses ($P < .05$). La longitud gestacional fue en la Holstein 275 días y en la Pardo Suizo 283 días. El intervalo entre partos promedio para la Holstein tuvo un rango entre 425 y 469 días y para la Pardo Suizo entre 412 y 478 ($P > .05$). La curva de lactación en ambas razas aumentó hasta la tercera fase de producción, iniciando con 18 02 kg en el primer parto y alcanzando 25 57 kg en la tercera lactación con un máximo entre los 39 y 48 días postparto en la raza Holstein y de 15 68 kg hasta 22.48 kg con un máximo de 41 a 54 días postparto en la raza Pardo Suizo. El patrón de la curva lactacional en la tercera lactación fue descrito por la producción inicial de 16 97 kg y un máximo de 25.57 kg a los 44 días en la Holstein, y en la Pardo Suizo la producción inicial fue de 15 10 kg con máximo de 22.80 kg a los 42 días. El rendimiento lactacional real, a los 305 y 100 días fue inverso a la magnitud del ITH ajustado en la raza Pardo Suizo (ITH 81.82 vs 66 61 4732 32 kg vs 6761 kg de leche). El aumento de cada grado centígrado de temperatura ambiental representó una disminución de 127.34 kg a partir de los 30.6 °C en la raza Pardo Suizo; representando una reducción diaria estándar de 6 37 kg de leche/vaca. El estado de estrés calórico tropical estuvo asociado con una disminución del potencial lechero, especialmente en los primeros 100 días de la lactación. No obstante, el perfil energético y proteico también contribuyó para facilitar la capacidad de producción de leche. La producción láctea real, a 305 y 100 días indican que la raza Holstein fue la mayor productora seguido de la raza Pardo Suizo; siendo ambas consistentes en la duración del periodo de producción y en el número de los partos alcanzados (8 a 10). Esto evidencia que la vaca lechera Holstein y Pardo Suizo moderna también puede adaptarse a las condiciones de manejo en el trópico incluyendo pastoreo, estrés calórico y limitaciones en la alimentación (energía y proteína), alcanzando un desempeño lactacional considerablemente alto, sin sufrir un deterioro reproductivo y manteniendo una buena longevidad y eficiencia biológica en el sistema de pastoreo con suplementación a base de concentrados en el medio tropical, particularmente en el contexto del sistema de alimentación y producción de leche Grado A utilizado en Panamá.

PALABRAS CLAVES: Lactación, Reproducción, Holstein, Pardo Suizo, Trópico, Estrés Calórico, Producción de Leche, ITH, ITH ajustado, Energía Neta para Leche, Proteína, Finca Grado A, Curva de Lactación, Pastoreo, Temperatura Ambiental Diurna, Producción a 100 días, Producción a 305 días

LACTATING AND REPRODUCTIVE CHARACTERIZATION AND RELATIONSHIP BETWEEN PRODUCTION AND FERTILITY IN HOLSTEIN AND BROWN SWISS DAIRY COWS UNDER GRADE A TECHNOLOGY IN THE TROPICAL ENVIRONMENT

Juan Ramón Batista Caballero

July, 2011

ABSTRACT

The lactating and reproductive performance of Holstein and Brown Swiss cows were evaluated in four grade A dairy farms in order to determine the biological descriptors as well as the relationship between production and reproduction, production and nutritional energetic and protein potential for milk yield and milk production and environmental heat stress under the humid tropical conditions. Characteristics describing milk production and the reproductive indicators were associated to energetic and protein nutritional support by the feeding system, as well as to the environmental heat stress based on ambient temperature (dry bulb), temperature – humidity index (THI_{bovine}) and THI adjusted by solar radiation and wind speed ($THI_{adj\ SRD + WS}$). A total of 1850 lactation records (Holstein 991 and Brown Swiss 859) were used in this study. The environmental stations were I (altitude 775 meters over sea level (mosl); maximum daily ambient temperature 35.6 °C, Average daily THI 79.48 and adjusted THI 81.82), II (altitude 780 mosl, maximum daily ambient temperature 33.4 °C, average daily THI 77.14 and adjusted THI by SSR and WS 79.170), III (altitude 1325 mosl, maximum daily ambient temperature 31.5 °C, Average daily THI 67.18 and adjusted THI by radiation and wind speed 69.98) and IV (altitude 1950 mosl, maximum daily ambient temperature 30.6°C, averaged daily THI 64.88 and adjusted THI by SR and WS 66.61). Feeding models of lactating dairy cows (I, II, III and IV) were evaluated by determining dry matter, structural carbohydrates, total protein, net energy for lactation, calcium and phosphorus. Dry matter consumption in the feeding models as dairy farms I (HBV), II (FCLSA), III (FTZ) and IV (HCA) were 14.69, 15.06, 17.34 and 17.78 kg/cow and the diet water's content were 64.89, 66.74, 62.36 y 65.18%. The potential support for net energy for lactating dairy cows were 24.72, 24.68, 30.08 y 27.60 Mcal and total protein 1982, 2188, 2846 y 3366 g/cow. Dry matter composition of diet in farms I, II, III and IV were forages 44.29, 49.80, 47 y 43.14% and grains 55.71, 50.2, 53 and 56.86%; showing a very high importance of feed concentrates for the general feeding system for lactating dairy cows. The protein content in those rations was 13.49% (HBV), 14.53% (FCLSA), 16.41% (FTZ) and 18.93% (HCA), and net energy density for lactation was 1.683, 1.639, 1.735 y 1.552 Mcal/kg. The average standard somatic reference for the adult lactating dairy cows was 570 kg (Farm I: HBV), 574 kg (Farm II: FCLSA), 602 kg (Farm III: FTZ) and 605 kg (Farm IV: HCA) and their Net Energy Requirements for maintenance including locomotion and

body heat dissipation because of the tropical heat stress influence was 12.12, 11.65, 11.64 and 11.64 Mcal/day. The feeding models used on farms I, II, III and IV showed an energetic support for milk yield after considering the adjusted net energy for maintenance and milk fat at 3.5% of 18.36 (I), 18.88 (II), 26.72 (III) and 23.13 kg/day (IV). Actual overall milk production were different between Holstein and Brown Swiss ($P < 0.0001$) and between lactations ($P < 0.0001$); but also were affected by the length of previous dry period and also by the interval between parturitions ($P < 0.0001$). All those breeds showed differences across the first nine to ten lactations ($P < 0.0001$). However, those two breeds were not different in the length of the lactating period. Mean for actual milk yield and the lactation length generated by 991 milk yield records by the lactation number were 6063 kg and 384 days (1st), 7330.4 kg and 359 days (2nd), 7902 kg and 366 days (3th), 7798 kg and 361 days (4th), 7789 kg and 366 days (5th), 6749 and 345 days (6th), 6658 kg and 341 days (7th) and 6152 kg and 330 days (8th). The general lactating trend for lactation showed that Holstein cows improved their milk production from the first to the third lactation (+31.36%) according to first lactation, but milk yield was basically the same from the 3th to the 5th lactation, from which milk yield started going down up to 22.14%. The lactating trend for Holstein cows was described by the regression as overall mean for milk yield by lactation as RMP (kg) = $4228.5 + 2298.5L - 435.07L^2 + 22.752L^3$ ($R^2_{aj} = 0.9698$; $P < 0.001$). Reduction of milk yield across the first eight lactations was 14.11%, which was related to a negative regression, including genetic, physiological, nutritional and environmental factors. Real milk production and length for the lactating period in Brown Swiss cows by lactation number were: 5049.7 kg and 364 days (1st), 5749.4 kg and 350 days (2nd), 6020.2 kg and 357 days (3th), 5819.2 kg and 339 days (4th), 5887.9 kg and 352 days (5th), 5605.1 kg and 344 days (6th), 5331.53 kg and 334 days (7th), 5284.9 kg and 337 days (8th), 4803.8 kg and 334 days (9th) and 4010.3 kg and 314 days (10th). Milk yield increased in the first three lactations; resulting in +19.22%. Lactating trend resulted in the following regression. $RMP_{(kg)} = 4257.7 + 1039.7L - 188.67L^2 + 8.9958L^3$ ($R^2_{aj} = 0.933$, $P < 0.001$). Time trend for milk production showed the increasing phase going from first to third lactation (Phase A), the stable period and the last phase in which milk yield was reduced by 20.21%. Time trend for overall milk yield was irregular, showing a compensatory behavior across the first 10 lactations, which means that performance for milk production, was influenced by conditions like nutrition, environment, genetic and management that did not match those requirements for the lactating Brown Swiss and Holsteins dairy cows. Adjusted milk production to 305 days was affected by breed ($P < 0.0001$), lactation number ($P < 0.0001$), length of dry period ($P < 0.0001$) and interval between parturition ($P < 0.0001$). The higher lactogenic yield occurred at the third lactation in Holstein (6794.66 kg) and in Brown Swiss (5266.66 kg). However, the Brown Swiss cows produced only 84.70, 78.83 and 77.52% of those yield showed by Holstein cows at the first, second and third lactation. Milk Yield adjusted to first 100 days after parturition for 1st, 2nd and 3th lactation in Holstein cows were

1878.22, 2484.01 and 2633.49 kg ($P < 0.01$) and in Brown Swiss Cows resulted in 1580.82, 1972.57 and 2114.68 kg ($P < 0.01$). The averaged dry period before lactation ranged from 99 to 121 days in Holstein and 98 to 125 days in Brown Swiss cows. Age at first parturition in Holstein was 33.12 ± 1.9 months and in Brown Swiss 35.52 ± 9.05 months ($P < 0.05$). The gestation length for Holstein and Brown Swiss cows was 275 and 283 days, and time between parturitions ranged from 425 to 469 days in Holstein and from 412 to 478 in Brown Swiss ($P > 0.05$). The lactation curve showed the same time trends across the first three lactations, but different set critical points by breed ($P < 0.001$). Critical milk yield started in 18.02 kg/day (first lactation) and reached 25.57 kg (third lactation) at 39 to 48 days in Holstein and 15.68 kg/day (first lactation) to 22.48 kg/day (third lactation) which occurred from 41 to 54 days in Brown Swiss. The lactating model in the third lactation was described as initial milk yield 16.97 kg/day, maximum milk yield 25.57 kg/day at 44 days after parturition in Holstein and 15.10 kg/day and maximum milk yield 22.80 kg/day at 42 days in Brown Swiss cows. All indicators of milk production showed a reverse relation to adjusted THI for cattle in Brown Swiss (THI = 81.82 vs. 66.61, 4732.32 kg vs. 6761 kg). The relationship between daily ambient temperature and milk yield resulted in -127.34 kg during lactation by each $+ 1.0$ °C when the minimum environmental temperature was 30.6 °C in Brown Swiss cows; which represented an average reduction of 6.37 kg/day across the lactating period. Degree of environmental heat stress as indicated by daily THI adjusted by radiation and wind speed was negatively related to milk yield in Brown Swiss cows, particularly in the first 100 days after parturition, however, other factors like nutritional energetic and protein conditions also determined at the same time the actual level of milk production. Overall, adjusted to 100 and 305 days milk yield showed that Holstein cows were more efficient than Brown Swiss, however, both breeds were consistently regarding lactation length, time for maximum and initial milk yield. Holstein and Brown Swiss lactating cows were able to be adapted to those conditions in the tropical environment such as moderate environmental heat stress, locomotion for grazing and low energetic nutrition, and still milk yield was high enough to support the economic requirements for milk production without affecting at the same time its reproductive capacity. Therefore, Holsteins and Brown Swiss cows were able to maintain a high performance for lactation and reproduction across the first 8 to 10 producing periods under the environmental tropical conditions, Grade A techniques, management and nutritional limitations which characterize the dairy feeding systems and dairy producing models used in Panamá.

KEY WORDS: Lactation, Reproduction, Holstein, Brown Swiss, Heat Stress, Milk Production, Temperature Humidity Index, Adjusted THI by Radiation and Wind Speed, Net Energy for Lactation, Dairy Farm Grade A, Grazing, Ambient Temperature, Milk Yield at 100 days, Milk Yield at 305 days, Lactation Curve

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO	xii
ÍNDICE DE CUADROS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xxv
ÍNDICE DE ESQUEMAS	xxvii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	8
2 1 Perfil biológico y potencial lechero de las razas Holstein y Pardo Suizo	8
2 2 Indicadores de la biología reproductiva y lactacional en ganado lechero ..	21
2 2 1 Edad al primer parto (EAPP).....	22
2 2 2 Días abiertos (DA)	24
2 2 3 Período de Espera Voluntario (PEV) o Periodo Abierto Electivo (PAE) ..	26
2 2 4 Intervalo entre partos (IEP)	27
2 2 5 Tasa de concepción (TC)	30
2 2 6 Servicios por concepción (SPC).....	31
2 2 7 Tasa de preñez (TP).....	32
2 2 8 Gestación	35
2 2 9 Periodo seco (PS).....	36
2 3 Características de la vaca lechera durante el posparto.....	38
2 4 Indicadores biológicos y zootécnicos lactacionales en la hembra bovina tipo leche	40
2.5. La fase lactacional y la curva de producción de leche en la vaca	42
2.5.1 Curva de lactación	43
2.5.2 Descripción de la curva de lactancia por modelos matemáticos	48

2 6 Factores que afectan el desempeño lactacional y la eficiencia Lechera	53
2 6 1 Efectos del estrés calórico sobre la producción de leche	57
2 7 Factores que afectan el desempeño reproductivo en la vaca en Producción	64
2 7 1 Factores nutricionales que afectan la reproducción durante la Lactación	65
2 7 1 1 Energía	67
2 7 1 1 2 Efectos del balance energético negativo sobre la dinámica folicular	72
2 7 1 1 3 Efectos del balance energético sobre la actividad hormonal	79
2 7 1 2 Proteína	81
2 7 1 3 Minerales	84
2 7 1 3 1 Calcio	84
2 7 1 3 2 Fósforo	86
2 7 1 3 3 Zinc	88
2 7 1 3 4 Manganeso	89
2 7 1 3 5 Cobre	90
2 7 1 3 6 Cobalto	91
2 7 1 3 7 Yodo	92
2 7 1 3 8 Selenio	93
2 7 1 4 1 Vitamina A	96
2 7 1 4 2 Vitamina D	96
2 7 2 Efecto del estrés calórico sobre la reproducción	97
2 7 3 Implicaciones del consumo de materia seca en la reproducción	101
2 7 3 1 Relación forraje concentrado	102
2 7 4 Factores de salud que afectan la reproducción	106
2 7 4 1 Efectos de las cojeras en la reproducción de leche	106
2 7 4 2 Efecto de la mastitis sobre la reproducción	109
2 7 5 Efecto de la producción de leche sobre la reproducción	111
2 7 5 1 Efecto de la producción de leche sobre los días abiertos	114
2 7 5 2 Efecto de la producción de leche sobre la duración del estro	116
2 8 Perfil nutricional de los requerimientos para la vaca lechera en lactación	118
2 9 Modelo de alimentación para la vaca de leche en lactación	128
2 9 1 Forrajes	129
2 9 2 Concentrados	132
2 9 3 Minerales y Vitaminas	139

4 5	Indicadores Acumulativos de la Producción de Leche y el desempeño lactacional	210
4 5 1	Producción de leche real y duración de la fase lactacional	211
4 5 2	Producción de leche ajustada a 305 días	221
4 5 3	Producción de leche ajustada a 100 días (PL100d)	224
4 5 4	Periodo seco o Periodo de descanso	229
4 5 6	Indicadores del desempeño reproductivo	234
4 6 1	Edad al primer parto	234
4 6 2	Longitud Gestacional	238
4 6 3	Intervalo entre partos y periodo abierto total	238
4 7	Correlaciones entre edad al parto y la producción de leche	241
4 8	Características de la curva de lactación según el modelo de Wood	242
4 9	Relación de los índices de la producción de leche con el entorno microclimático y el estrés calórico tropical	257
V. CONCLUSIONES		269
VI. RECOMENDACIONES		272
VII. BIBLIOGRAFÍA		274

2 9 4	Aditivos alimenticios	139
2 10	Sistemas de biorregistros y base de datos con valor biológico	143
2 10 1	Importancia de los registros para la evaluación lactacional y reproductiva	152
III. MATERIALES Y MÉTODOS		154
3 1	Objetivo General	154
3 2	Objetivos Específicos	154
3 3	Hipótesis en el estudio	155
3 3 1	Índices lactacionales (PLReal, PL305d, PL100d, MPL, TMPL)	155
3 3 2	Patrón biolactacional (tendencia y magnitud) según curva de lactación	156
3 3 3	Índices reproductivos	157
3 4	Unidades experimentales utilizadas en el estudio	157
3 5	Base de datos biológicos y animales experimentales	158
3 6	Características y requisitos para la selección de las fincas	158
3 7	Base de datos	159
3 8	Parámetros dependientes a evaluar	160
3 8 1	Parámetros ambientales	161
3 8 2	Parámetros alimenticios y nutricionales	161
3 8 3	Componentes de la dieta	162
3 8 4	Parámetros reproductivos	164
3 8 5	Parámetros lactacionales y la curva de lactación	165
3 9	Análisis estadísticos	165
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		171
4 1	Ubicación, características microclimáticas y tipificación del entorno y su relación con el bienestar animal y riesgos de estrés calórico en las fincas experimentales	171
4 2	Características Zootécnicas Básicas y Manejo de las Fincas Lecheras Experimentales	187
4 3	Características biológicas y genéticas de las vacas Holstein y Pardo Suizo en las fincas experimentales	191
4 4	Modelo de alimentación, condición energético-proteica y manejo nutricional durante la lactación	195
4 4 1	Dieta, materia seca, nutrientes y balance energético y proteico en la fase lactacional	201

ÍNDICE DE CUADROS

No.	TÍTULO	Pág.
I	Indicadores genéticos promedios lactacionales y somáticos de la razas lecheras en optimas condiciones zootécnicas de manejo	10
II	Potencial de la producción lechera total y peso corporal en los diversos cruzamientos entre el ganado Holstein X Cebú	14
III	Principales eventos reproductivos y lactacionales que forman parte del patrón de la producción de leche en la vaca lechera moderna en base a las razas pesadas Pardo Suizo y Holstein	21
IV	Cambio en la tasa de preñez por inseminación artificial (TP/IA) y producción en ganado Holstein de 1955 a 2005	34
V	Intervalo entre partos predicho para un hato basado en el manejo reproductivo promedio o pobre	36
VI	Índices reproductivos más comunes y sus valores óptimos	37
VII	Principales Factores Limitantes de la Capacidad Funcional en Producción y Reproducción de la Vaca lechera que Reducen la productividad	55
VIII	Efecto de la Temperatura Ambiental sobre la Producción de Leche y sus Implicaciones Productivas Directas	59
IX	Influencia de la temperatura ambiental sobre la producción de Leche según la condición racial y el potencial lechero	61
X	Efectos de minerales traza sobre los parámetros de reproducción en rumiantes	94
XI	Efecto del estrés calórico sobre el consumo de materia seca	99
XII	Principales Factores Limitantes de la Capacidad Funcional en Producción y Reproducción de la Vaca lechera que Reducen la Productividad de la Empresa Productora de Leche en el Trópico	105

No.	TÍTULO	Pág.
XIII	Efecto de la lesión en pezuña sobre el desempeño reproductivo del ganado lechero	108
XIV	Efecto de la cojera durante los primeros 30 días de lactancia sobre la reproducción	109
XV	Efecto de la producción de leche acumulada a 60 días sobre los días abiertos	114
XVI	Requerimientos nutricionales diarios de la vaca lechera según el mantenimiento corporal y la producción de leche por kilogramo y la grasa láctea	121
XVII	Requerimientos nutricionales para la producción de leche en vacas con Peso entre 450 y 650 Kg y una producción láctea entre 5 y 25 Kg/día en condiciones de pastoreo bajo el trópico húmedo	122
XVIII	Principales requerimientos nutricionales diarios de la vaca y la vaca primeriza de las razas pesadas durante los dos últimos meses de la gestación	123
XIX	Composición referencial de la dieta para vacas lecheras en base a la materia seca y según la producción lechera diaria	125
XX	Requerimiento de alimento concentrado diario según la disponibilidad y consumo de pasto efectivo y el potencial lechero de la vaca o grupo de vacas por producción en Panamá	126
XXI	Principales componentes diarios de la dieta y producción de leche en vacas durante los primeros 120 días en las fincas lecheras evaluadas	135
XXII	Medias de los parámetros lactacionales en vacas primíparas según la raza y el sistema de alimentación por potencial lechero energético y proteico	137
XXIII	Patrón del peso y estatura y meta reproductiva para las hembras bovinas de la raza Holstein y Pardo Suizo en condiciones de desarrollo ideales	144

No.	TÍTULO	Pág.
XXIV	Principales características microclimáticas para la época seca en las fincas objeto del estudio sobre el desempeño lactacional y reproductivo de la vaca lechera	179
XXV	Principales características microclimáticas para la época lluviosa en las fincas objeto del estudio sobre el desempeño lactacional y reproductivo de la vaca lechera	180
XXVI	Características zootécnicas básicas y de manejo de las fincas lecheras con tecnología Grado A que facilitaron las bases de datos lactacionales y reproductivos	190
XXVII	Resumen de las características raciales y somáticas de las fincas lecheras evaluadas	193
XXVIII	Características del modelo de alimentación para vacas en producción de las razas Holstein y Pardo Suizo	199
XXIX	Análisis bromatológico proximal de los componentes de la dieta utilizados para la alimentación de las vacas en producción en las fincas evaluadas	200
XXX	Resumen de la composición de la dieta prevalente para las vacas en producción en Hacienda Buena Vista, Finca Cloris SA, Finca Tizingal y Hacienda Carinthia	204
XXXI	Aporte potencial proximal de nutrientes en las diferentes fincas evaluadas según el perfil de la dieta prevalente	205
XXXII	Requerimiento diario según los pesos prevalentes al parto ajustado para cada finca evaluada en base al NRC (1989)	207
XXXIII	Soporte lactacional energético y proteico de las dietas según el sistema de alimentación en las fincas estudiadas	209
XXXIV	Análisis de varianza – covarianza para la producción de leche real en las fincas Hacienda Buena Vista, Finca Cloris SA, Finca Tizingal y Hacienda Carinthia	212
XXXV	Análisis de varianza – covarianza para el tiempo en ordeño o duración lactacional real en las fincas Hacienda Buena Vista, Finca Cloris SA, Finca Tizingal y Hacienda Carinthia	213

No.	TÍTULO	Pág.
XXXVI	Medias cuadradas ajustadas para la producción de leche real y el tiempo en ordeño en las raza Holstein según el número de la lactación en condiciones de tecnología lechera Grado A en Pastoreo y Suplementación energético – proteica	214
XXXVII	Medias cuadradas ajustadas para la producción de leche real y el tiempo en ordeño en las raza Pardo Suizo según el número de la lactación en condiciones de tecnología lechera Grado A en Pastoreo y con suplementación energético – proteica	218
XXXVIII	Análisis de varianza – covarianza para la producción de leche ajustada a 305 días según la raza y el número de partos en lecherías Grado A	222
XXXIX	Análisis de varianza – covarianza para la producción de leche ajustada a 100 días para la raza Holstein y Pardo Suizo según el número de partos en lecherías especializadas	225
XL	Medias cuadradas ajustadas de la producción de leche a 305 y 100 días en la raza Holstein en tecnología lechera Grado A en el medio tropical	226
XLI	Medias cuadradas ajustadas para la producción de leche a 305 y 100 días para la raza Pardo Suizo en condiciones de tecnología lechera Grado A en el medio tropical	226
XLII	Medias cuadradas ajustadas por covarianza a partir del periodo seco e intervalo entre parto según el parto y la raza	229
XLIII	Análisis de varianza – covarianza para la producción de leche ajustada a 100 días para la raza Holstein y Pardo Suizo según el número de partos en lecherías especializadas	230
XLIV	Periodo seco o de descanso lactacional para la raza Holstein y Pardo Suizo según el número de partos	232
XLV	Análisis de varianza para la longitud gestacional según la raza (Holstein y Pardo Suizo) y el número de partos en lecherías especializadas	238

No.	TÍTULO	Pág.
XLVI	Análisis de varianza para el intervalo entre partos según la raza y los partos	239
XLVII	Medias cuadradas ajustadas para el intervalo entre partos	240
XLVIII	Correlación entre edad al parto e índices productivos para las razas Holstein y Pardo Suizo	242
XLIX	Componentes descriptores de la curva de lactación en la raza Holstein para las primeras cinco lactaciones	243
L	Ecuación gamma incompleta logística para las curvas de lactación en las primeras cinco lactaciones en la raza Holstein	244
LI	Componentes de la ecuación gamma incompleta logística para la curva de lactación en los primeros cinco partos en la raza Pardo Suizo	245
LII	Ecuaciones de regresión gamma incompleta para las curvas de lactación en la raza Pardo Suizo	246
LIII	Comparación de la producción de leche promedio por el método de Tukey según la lactación en vacas Holstein	250
LIV	Comparación de la producción promedio de leche por el método de Tukey, de vacas Pardo Suizo	254
LV	Matriz de las correlaciones de Pearson entre los indicadores lactacionales, reproductivos y micro ambientales de acuerdo con los valores medios en la raza Pardo Suizo	266
LVI	Segunda matriz de correlaciones simples de las variables más importantes en la raza Pardo Suizo	267

ÍNDICE DE GRÁFICAS

No.	TÍTULO	Pág.
I	Representación gráfica de la producción de leche en varios Mamíferos y su relación con el peso corporal	11
II	Trayectoria de la producción de leche, consumo de materia seca y del balance energético negativo en la vaca lechera durante la lactación estándar	16
III	Trayectoria del peso (lb) y la estatura (cm) en las hembras de reemplazo de la raza Holstein en los primeros 24 meses de vida con un desarrollo ideal	22
IV	Trayectoria del peso (libras) y la estatura (cm) en las hembras de reemplazo de la raza Pardo Suizo en los primeros 24 meses con un desarrollo ideal	23
V	Trayectoria de la tasa de preñez según los días abiertos en producción bovina	26
VI	Efecto del intervalo entre partos sobre la producción de leche en la siguiente lactación en comparación con la lactación anterior con manejo reproductivo normal	29
VII	Sectorización de la curva de lactación por magnitud de la producción de leche y margen de rentabilidad según el estado lactacional o tiempo post parto en la vaca lechera	46
VIII	Trayectoria de la producción de leche y del diferencial lácteo según la temperatura ambiental de bulbo seco	60
IX	Proyección de la producción de leche a las temperaturas de 20, 30 y 40°C en las razas Pardo Suizo, Jersey, Holstein y Cebú con la tendencia genérica de la decadencia biolactacional momentum	63
X	Influencia del alimento concentrado sobre la producción de leche promedio en fincas lecheras especializadas en Panamá	136
XI	Producción de leche en 305 días en vacas de la raza Pardo Suizo y Holstein en los sistemas de alimentación con potencial lechero energético bajo, medio y alto	138

No.	TÍTULO	Pág.
XII	Proyección del ITH mínimo y el ITH ajustado por radiación y velocidad del viento para vacas en lactación en las cuatro fincas	175
XIII	Magnitud de la radiación solar directa promedio en las cuatro fincas experimentales en la época seca	176
XIV	Zona máxima de estrés calórico según el ITH máximo y el ITH de 72 en las fincas evaluadas	183
XV	Peso adulto al parto y a los 30 días de estar en producción en Hacienda Buena Vista, Finca Cloris SA, Finca Tizingal y Hacienda Carinthia	195
XVI	Contenido de humedad (%) y consumo diario de materia seca (kg/vaca día) en la dieta para las vacas en lactación en las fincas evaluadas	203
XVII	Efecto del contenido de humedad en la dieta sobre la reducción en la producción de leche	203
XVIII	Tendencia de la producción de leche real en la raza Holstein de acuerdo con el número de partos en condiciones de tecnología lechera Grado A bajo pastoreo en el medio tropical	215
XIX	Tendencia del tiempo en ordeño acumulado según los partos en las vacas Holstein en condiciones de tecnología lechera Grado A en pastoreo en el medio tropical	216
XX	Tendencia genérica de la producción de leche real según el número de partos en la raza Pardo Suizo en condiciones de tecnología lechera Grado A en el medio tropical	219
XXI	Tendencia del tiempo en ordeño real para la raza Pardo Suizo según el número de partos y la producción de leche Grado A en el medio tropical bajo pastoreo	221
XXII	Trayectoria de la producción de leche ajustada a 305 días para la raza Holstein y Pardo Suizo a través en nueve lactaciones según las condiciones de tecnología lechera Grado A en el medio tropical húmedo	227

No.	TÍTULO	Pág.
XXIII	Trayectoria de la producción de leche ajustada a 100 días para la raza Holstein y Pardo Suizo a través según el número de partos en condiciones de tecnología lechera Grado A en el medio tropical montañoso	227
XXIV	Distribución de las medias para el periodo seco en las vacas de la raza Holstein y Pardo Suizo	233
XXV	Edad media al primer parto en la raza Holstein y Pardo Suizo	236
XXVI	Relación de la producción de leche a 305 días con la edad al primer parto incluyendo las razas Holstein y Pardo Suizo	237
XXVII	Intervalo entre partos para las razas Holstein y Pardo Suizo	240
XXVIII	Tendencia de la producción de leche para la primera, segunda y tercera lactación en la raza Holstein	247
XXIX	Curva de lactación en las primeras cinco lactaciones en la raza Holstein	249
XXX	Curva de lactación en las primeras tres lactaciones en la raza Pardo Suizo	252
XXXI	Curvas de lactación de las cinco lactaciones en la raza Pardo Suizo	252
XXXII	Evolución de la producción de leche máxima en las primeras cinco lactaciones en la raza Holstein y Pardo Suizo	254
XXXIII	Curvas de lactación para cinco lactaciones en la raza Holstein	256
XXXIV	Relación genérica entre la producción de leche a 305 días de la raza Pardo Suizo en la primera, segunda, tercera y cuarta lactación según el ITH máximo en la época seca	259
XXXV	Relación entre la temperatura ambiental promedio diurna en la época seca y la producción de leche a 305 días en la tercera lactación en la raza Pardo Suizo	261
XXXVI	Trayectoria según las medias de la producción de leche real en la tercera lactación de acuerdo con la temperatura ambiental del entorno de las fincas Lecheras Grado A evaluadas	262

No.	TÍTULO	Pág.
XXXVII	Relación de la producción de leche a 100 días con la temperatura ambiental diurna máxima en las fincas evaluadas y la raza Pardo Suizo	264

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	TÍTULO	Pág.
1	Ilustración de la vaca Ever-Green-View que posee el registro máximo de producción de leche (72,168 lb en 365 días y 3X ordeños diarios en Estados Unidos	9
2	Características biológicas y zootécnicas de la raza Holstein	17
3	Características biológicas y zootécnicas de la raza Pardo Suiza	17
4	Aspectos críticos en la curva de lactancia de la vaca de leche	47
5	Comportamiento de la producción de leche, consumo de materia seca, reservas corporales y crecimiento fetal en vacas lecheras a través de la lactancia	68
6	Evolución de la producción de leche y su relación con la tasa de concepción en Estados Unidos	112
7	Días a la primera ovulación basados en la pérdida de condición corporal durante los primeros 30 días posparto	113
8	Evolución de los días abiertos en distintas lactancias en USA	115
9	Duración del estro en relación con la producción de leche	118
10	Formas de suplementación con ensilaje, heno, melaza y granos	127
11	Cambios en el requerimiento de energía para el mantenimiento y la producción a través de la lactación	128
12	Ilustración de algunas condiciones en Hacienda Buena Vista y su relación con el entorno microambiental y de manejo para las vacas en lactación	183

No.	TÍTULO	Pág.
13	Ilustración de algunas condiciones en Finca Cloris SA y su relación con el entorno microambiental y de manejo en vacas Pardo Suizo	184
14	Ilustración de algunas condiciones en Hacienda Tizingal y su relación con el entorno microambiental y de manejo	185
15	Ilustración de algunas condiciones en Hacienda Carinthia y su relación con el entorno microambiental y de manejo	186

ÍNDICE DE ESQUEMAS

No.	TÍTULO	Pág.
I	Factores que afectan la tasa de concepción en la vaca	31
II	Factores que determinan la tasa de preñez	34
III	Componentes críticos de la curva de lactación en la vaca lechera	41
IV	Componentes del ciclo reproductivo y lactacional en la vaca Lechera	44
V	Efecto del balance energético negativo sobre la actividad ovárica	70
VI	Relación de los requerimientos de energía neta lactacional y proteína sobre la proyección del desempeño reproductivo y lactacional	120

I. INTRODUCCIÓN

La eficiencia de la vaca lechera moderna se mide en función de su capacidad de producción y a partir de su desempeño reproductivo; por lo cual, el potencial lechero se considera una variable dependiente de la habilidad reproductiva que conjuga la habilidad genética con el componente ambiental y manejo de la hembra bovina tipo leche. El patrón biológico reproductivo de la vaca lechera y el manejo óptimo se encuentran relacionados íntimamente con la producción y la productividad desde el momento en que se define la pubertad hasta que se produce la última gestación.

Los estudios indican que el mejoramiento genético (Van Raden, 2007), el manejo nutricional (Butler y Smith, 1989; Harris, 1990, Wattiaux, 1999) y el medio ambiente (Hansen y Arechiga, 1999; Jordan, 2003; Araúz, 2006) son los principales factores que en conjunto con la intervención humana determinan el comportamiento reproductivo. Hasta la actualidad, no se han generado investigaciones que integren las bases de datos que normalmente se llevan en las fincas lecheras especializadas, por lo cual no tenemos los indicadores de la fertilidad y el desempeño reproductivo que caracterizan a la vaca lechera en cada uno de los entornos ambientales donde la misma representa un potencial y garante para la producción de alimentos para el humano.

El desempeño reproductivo y lactacional posparto de la vaca lechera en Panamá no ha sido estudiado en forma extensa. No obstante, ciertos estudios realizados por Araúz (2006), indican la existencia de deficiencias que se encuentran relacionadas a su vez con cuantiosas pérdidas económicas, en particular en las fincas con mayor tecnología o fincas grado A. Los periodos abiertos prolongados mas allá de los 110 días después del parto se encuentran asociados con una pérdida neta que depende del potencial lechero de la vaca y de las condiciones del manejo nutricional y sanitario así como de la extensión del periodo para establecer la preñez. Las pérdidas aumentan si se consideran los costos de mantenimiento y el cuidado de la vaca en su periodo postlactacional propiamente. Por ejemplo, una vaca con potencial lechero de 25 kg/día, que tenga un atraso para preñarse de 20 días sobre los 110 días máximo aceptables conduce a una pérdida de \$ 225 00, mientras que si el atraso es de 50 días, entonces las pérdidas correspondiente son de \$ 562.00. Esto determina que es conveniente invertir en un mejor manejo reproductivo oportuno y cuidar el plano nutricional lactacional para que las vacas reciban un servicio efectivo preferiblemente entre los 50 y 120 días después del parto (Araúz, 2008)

Los estudios realizados por Barranco (2000) en vacas Pardo Suizo, encontró que el periodo abierto a la primera lactancia fue de 128 días con una tendencia a reducirse en las posteriores lactancias. Ello significa que la expresión de la influencia metabólica sobre la producción de leche es superada más

lentamente en vacas de primera lactancia, en parte porque aun tienen necesidades nutricionales para el crecimiento y ello amplifica el balance nutricional negativo propio de la producción de leche

Los indicadores reproductivos más relacionados al manejo y seguimiento zootécnico ideales para una finca lechera exitosa y eficiente son los siguientes. periodo abierto de 60 a 105 días, edad al primer parto. 24 a 28 meses, peso al primer servicio 340 a 385 kg (750 a 850 lb); peso al primer parto 476 a 544 kg (1050 a 1200 lb), servicios por concepción 1.25 a 1.45, tasa de concepción 60 a 85% e índice de preñez 88 a 96% (Morrow, 1980, Nebel, 1998, Araúz, 1999) Estos índices se consideran descriptores cuantitativos del comportamiento reproductivo de la vaca y de la eficiencia del manejo reproductivo

En el medio tropical como en Panamá, la reproducción recibe una influencia negativa del medio ambiente, cuando la temperatura ambiental supera los 24°C (Curtis, 1981), la humedad relativa es superior a 60% (Yousef, 1985) y si la radiación solar directa supera los 450 Kcal m⁻² Hr⁻¹ (Araúz, 2006) Los estudios de fisiología de la reproducción en estrecha relación con el medio ambiente indican que el estrés calórico tienen un efecto negativo sobre el funcionamiento glandular, lo cual modifica el perfil de las hormonas que controlan los procesos metabólicos y los relacionados con el desempeño reproductivo normal, tales como foliculogénesis, esteroidogénesis, ovulación, luteinización,

reconocimiento de la preñez, establecimiento y desarrollo de la preñez, reactivación de los ovarios y normalización del ciclo estral en el ganado lechero (Thatcher, 1974; Moberg, 1991; Wölfenson et al , 2000; Jordan, 2003)

La producción de leche es otro factor que incide negativamente sobre la reproducción, ya que a medida que seleccionamos animales con la mayor capacidad para la producción de leche estamos forzando el sistema metabólico y funcional para facilitar la lactación y limitando los factores endocrinos y nutricionales sistémicos que son responsables de un desempeño reproductivo normal e ideal. En consecuencia, se producen alteraciones en los índices reproductivos, tales como en los servicios por concepción, tasa de concepción, presentación e intensidad del celo, efectividad del manejo reproductivo y desempeño biológico reproductivo propiamente. Además, de la producción de leche, la presión nutricional y metabólica para sostener la lactación incide en la reproducción, especialmente en el periodo postparto en que se habilitan los mecanismos hormonales para favorecer el alcance de un apetito que llega tarde con respecto a las grandes demandas de nutrientes para la producción de leche propiamente. Entre los aspectos nutricionales más importantes se encuentra: el balance energético negativo (Butler y Smith, 1989), el exceso y la deficiencia de proteína (Ferguson y Chalupa, 1989), las demandas de minerales y vitaminas (Hidroglou, 1979, Hurley y Doane, 1987), así como las condiciones del plan de alimentación antes y durante la lactación. Adicionalmente, resultan muy influyentes la disponibilidad de pasto, los

consumos de materia seca y carbohidratos estructurales y la relación materia seca forrajes granos y afines (McCullough, 1973; NRC, 1989, 2001) Adicionalmente, el medio ambiente también puede influir apreciablemente a través del estrés calórico, el cual perturba la fisiología general, la conducta y el metabolismo, generando una reducción en el pastoreo, el consumo de materia seca y nutrientes, lo cual interactúa con otros factores antagónicos durante la lactación para agravar la reducción lactacional a partir del comprometimiento del perfil nutricional y su balance funcional en la vaca lechera en producción (McDowell, 1981, West, 2004)

El aspecto de salud es importante y aquí encontramos factores como los problemas pódales que disminuyen drásticamente la capacidad de mostrar celo y por ende aumenta los días abiertos (Greenough y Tamagnini, 2001), reduce la actividad ovárica posparto (Garbarino et al , 2004) y aumenta la incidencia de los quistes ováricos (Castillo, 2001) Además, aspectos como la carga parasitaria, la incidencia de hematozoarios y la presencia de enfermedades infectocontagiosas (Brucelosis, Leucosis, Tuberculosis, otras) pueden afectar negativamente la eficiencia reproductiva de vacas lecheras en lactación (Morrow, 1980, Davis, 1993) En la actualidad, se considera que la mastitis además de reducir la calidad de la leche y afectar la eficiencia biolactacional (Philpot y Nickerson, 1988), también es un agente potencial que reduce la capacidad reproductiva de la vaca de leche (Kirk, 2004)

El presente estudio evaluó los índices relacionados con la eficiencia reproductiva en fincas especializadas en la producción de leche; así como su relación con la producción de leche y el plano nutricional con especial atención en la descripción y caracterización zootécnica y biológica para definir el estado y sus descriptores biométricos reproductivos con miras a relacionar el aspecto cuantitativo de la producción y reproducción con las limitaciones y fallas y su interconexión con los correctivos necesarios para mejorar la productividad y eficiencia en la producción lechera Grado A en Panamá

Esta investigación fue centrada en la caracterización lactacional y reproductiva al margen de las condiciones nutricionales, micro ambientales y de manejo que tipifican las lecherías Grado A en Panamá y que utilizan los mayores avances tecnológicos en nuestro País. El estudio contribuye con la generación de la información técnica actualizada que permite juzgar y evaluar el sector lactacional y reproductivo como una parte esencial en los sistemas de producción lechera con la mayor dependencia de tecnología en el medio tropical, pero sobre la base del pastoreo con una suplementación moderada basada más en granos que en los forrajes propiamente. Esta información permitirá al mismo tiempo definir y/o generar parte de las estrategias del manejo para mejorar las condiciones de alimentación y aplicar herramientas que permiten maximizar la producción con eficiencia reproductiva ajustándose a la capacidad genética de la vaca de leche para obtener un mayor desempeño biológico y por ende un mayor beneficio económico que soporte la

productividad y la sostenibilidad de las fincas lecherías con el mayor grado tecnológico de manera simultánea en el medio tropical

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Perfil biológico y potencial lechero de las razas Holstein y Pardo Suizo

La producción de leche en la vaca lechera ha evolucionado en todas las razas que se consideran especializadas como consecuencia del mejoramiento genético (Wilcox *et al*, 1978), control de salud de hato y prevención de enfermedades (Davis, 1993), cuidado del sistema mamario y prevención de la mastitis bovina (Philpot y Nickerson, 1992) y manejo estructurado para potenciar la capacidad de producción a través de la nutrición y alimentación balanceada (NRC, 2001), control micro ambiental y bienestar animal (West, 2004; Hansen, 2005), control reproductivo (Stevenson *et al*, 1999), empleo de equipo y tecnología para un ordeño eficiente e higiénico (Alfa D-Laval, 2010) y uso de un sistema de bioregistro funcional para un mejor aprovechamiento de los recursos en la empresa lechera (Araúz *et al*, 2010)

Desde la llegada de la primera vaca lechera al Condado de Jamestown en 1611 (Ensminger, 1980) cuando una vaca podía producir 5 3 lb/día, han ocurrido cambios drásticos que han modificado la capacidad lactacional de la vaca a través de la genética y del componente ambiental. De acuerdo con Visser y Wilson (2006), las razas pesadas de mayor producción de leche son la

Holstein con 11,680 kg en 305 días con un peso de 679 kg y la Pardo Suizo 9,830 kg en 305 días con un peso referencial de 679 kg (Ver Cuadro I).

Un buen ejemplo de los cambios en producción de leche en la especie bovina lo es la vaca Lucy 607 La-Foster BlackStar en Estados Unidos con un registro anual de producción de 75275 lb de leche en 365 días con un promedio estándar de 211.64 lb de leche por día y el máximo de producción de 286 lb/día. No obstante, esta vaca no fue considerada como el registro máximo de producción de leche por la Asociación Holstein de Estados Unidos ya que consideró no cumplir con los requisitos. Por lo tanto, se mantiene en la actualidad el registro máximo de producción para la vaca Ever-Green-View My 1326-ET - EX-92, con 72,168 lb de leche en 365 días con un promedio estándar anual de 197.72 lb/día (89.69 kg) de acuerdo con la información presentada en Internet por la Asociación Holstein de los Estados Unidos (2010).

Figura I: Ilustración de la vaca Ever-Green-View que posee el registro máximo de producción de leche (72,168 lb en 365 días y 3X ordeños diarios en Estados Unidos



Las cifras indicadas por Visser y Wilson (2006) se consideran valores referenciales raciales que identifican el potencial lechero estándar en hatos elites con un manejo óptimo para un potencial genético lechero superior. No obstante, el potencial lechero se encuentra bajo la influencia de varios factores y/o condiciones; sobresaliendo las siguientes: requerimientos nutricionales durante la lactación, elementos ambientales y su influencia en la producción de leche; manejo nutricional y estrategia de la alimentación en la lactación; influencia de los desórdenes metabólicos y las enfermedades; modelo de manejo integral para la producción lechera; salud e higiene del sistema mamario; manejo reproductivo y estrés lactacional e influencia del estrés calórico propiamente.

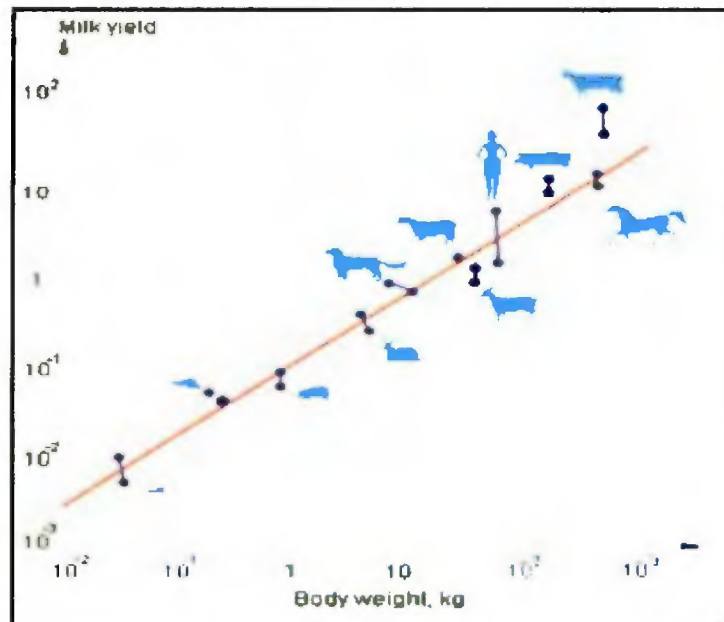
Cuadro I: Indicadores genéticos promedios lactacionales y somáticos de la razas lecheras en optimas condiciones zootécnicas de manejo.

RAZA	LECHE kg	GRASA kg	PESO kg
HOLSTEIN	11680	422	679
PARDO SUIZO	9830	392	679
MILKING SHORTHORN*	9750	355	670
ROJO FINLANDES	9359	370	519
MONTBELIARDE	9270	346	708
AYRSHIRE	8455	322	549
JERSEY	8291	376	449
NORMANDA	8054	274	679
GUERNSEY	7697	336	519

Fuente: Visser y Wilson (2006).

El patrón lactacional de la vaca lechera se caracteriza por el mayor potencial de producción no solo para cubrir las necesidades de la cría, sino también para garantizar la producción comercial adicional. En consecuencia, ello da la oportunidad para que se pueda aprovechar el producto de la síntesis y secreción láctea para la utilización de otras especies; generando la oportunidad comercial a través del consumo para el humano como conocemos. De acuerdo con Mepham, (1983), existe una relación lineal entre la producción de leche diaria y el peso corporal de la hembra según la especie como se presenta en la Gráfica I con la base logarítmica. La vaca, yegua, cerda, mujer y cabra ocupan del 1^o al 5^{to} lugar cuando se relaciona el peso corporal y su tamaño metabólico con el rendimiento lácteo.

Gráfica I: Representación gráfica de la producción de leche en varios Mamíferos y su relación con el peso corporal



Fuente: Mepahm, T. B. (1983).

Algunas de las relaciones establecidas incluyen el ratio de la producción de leche en función del peso corporal estándar; resultando para la lactancia un ratio promedio de 18, 14 y 18 kg de leche por cada kg de peso corporal, mientras que la cabra alcanza 18 kg de leche/kg de peso y la búfala 50 kg de leche con 17.85% de sólidos totales por cada kilogramo de masa corporal si la producción es ajustada al periodo de producción más probable y tomando en cuenta los índices de desempeño lactacional para los animales con una genética superior dentro de la especie y las razas lecheras propiamente. Esto significa que al aumentar el potencial lechero con un bajo peso corporal, se produce un aumento en la presión metabólica sobre las reservas corporales (Larson, 1985; NRC, 1989). Es evidente que existen diferencias entre las especies cuando se establece la relación de la presión metabólica de la producción de leche con el peso metabólico estándar. Por ejemplo en la cabra de 55 kg de peso con una producción de 2.5 kg de leche la relación de leche por unidad de masa corporal metabólica es 0.12; mientras que en una vaca de 679 kg con una producción de leche de 30 kg por día es 0.22. No obstante, la presión metabólica por unidad de masa correspondiente para la vaca es de 4.55 y para la cabra es de 8.33 y en consecuencia la especie de menor tamaño recibe una mayor presión metabólica por nutrientes para sostener la función biolactacional (Mepham, 1983, Collier, 1985; Araúz, 2011).

La capacidad de producción lechera cambia en las especies de importancia zotécnica, destacándose las siguientes cifras: Bovina (vaca de leche Holstein 11,680 kg, Pardo Suizo 9,830 kg, Jersey 8,291 kg según Visser y Wilson (2006) presentadas en el cuadro I, mientras que otras especies como en las razas caprinas (Alpina 920 kg, Saanen 930 kg, Toggenburg 890 kg) según Davis (1989) y en la Búfala entre 1080 y 1560 kg según Colmenares (2008). Es evidente que las razas bovinas especializadas en producción de leche han sido perfeccionadas en términos genéticos y paralelamente a través de su manejo se ha logrado maximizar su capacidad de conversión y la eficiencia metabólica y biolactacional

Por otro lado, el potencial lechero se ha modificado con la utilización de los cruzamientos; habiendo generado cifras que aumentan de manera proporcional con el aumento de la proporción del Holstein en el cruce desde 1/8 hasta 7/8, y en cuyo caso, la producción lactacional va desde 1,345 a 5,900 kg (McDowell, 1985) como se muestra en el cuadro II; destacando la producción y el peso corporal

Erb y Ashwort (1960) encontraron que la edad es un factor de mayor importancia que el peso corporal en la vaca lechera moderna, aunque suele considerarse que el peso corporal favorece un mayor soporte de las reservas corporales para enfrentar las demandas de nutrientes cuando la vaca se

encuentra en desventaja metabólica por baja disponibilidad de nutrientes sistémicos de origen digestivo al mantener un bajo consumo de alimento cuando el estado lactacional es inferior a los 60 a 75 días (Butler y Smith, 1989; Araúz, 2007)

Cuadro II: Potencial de la producción lechera total y peso corporal en los diversos cruzamientos entre el ganado Holstein X Cebú

Holstein octavos	Cebú octavos	Leche (kg)	Peso Kg
0	8	850	350
1	7	1345	370
2	6	1840	400
3	5	2335	425
4	4	2830	450
5	3	4015	500
6	2	5090	575
7	1	5900	612
8	0	7000*	650

Fuente. McDowell, 1985

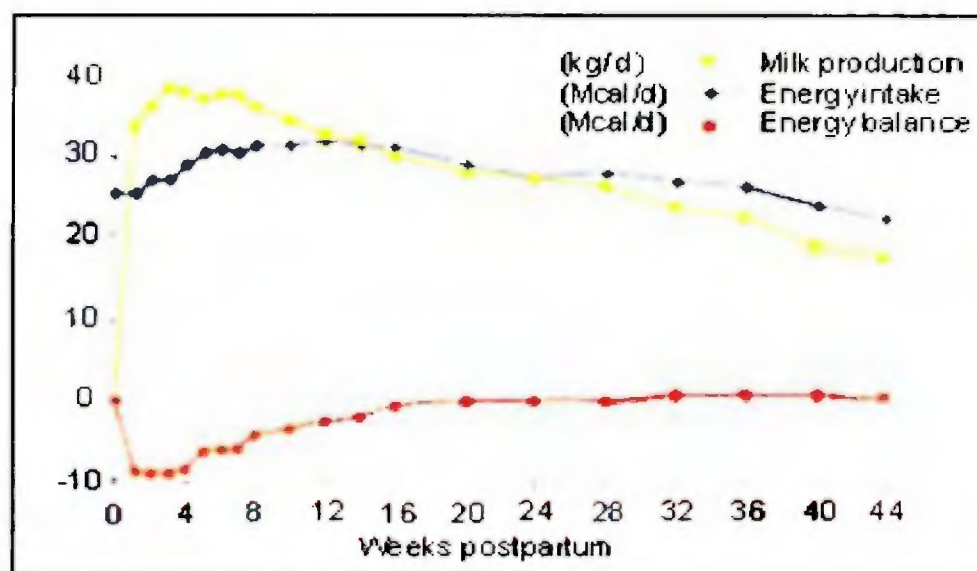
El patrón lactacional presenta variaciones en la trayectoria de la producción de leche, el consumo de energía y el balance energético negativo. Como ejemplo se indica en la gráfica I que el patrón lactacional puede incrementarse desde la 1^{ra} a la 4^{ta} semana y mantenerse en cierto rango hasta la 8^{va} semana postparto. Sin embargo, después de este periodo, se produce la decadencia

en la producción de leche de manera persistente hasta alcanzar la 44^{va} semana

El consumo de materia seca se alcanza en su máxima expresión entre la 10^{ma} y 12^{va} semana, quedando el consumo de materia seca postergado después del máximo de producción. No obstante, la gran diferencia se produce en relación con el balance energético negativo que se caracteriza por aumentar a partir del momento del parto abruptamente hasta la 2^{da} a 4^{ta} semana postparto, para proyectarse en su reducción gradual entre la 4^{ta} y 16^{va} semana.

La reducción en la producción de leche, el aumento del consumo de materia seca y la demanda de nutrientes para la biosíntesis láctea a partir de la 12^{va} semana son coincidentes con las condiciones metabólicas que favorecen al menos mantener el balance energético negativo entre la 16^{va} y 30^{va} semana postparto. A partir de este periodo, el balance energético se vuelve positivo y por ello el animal puede ganar más peso para recuperar parcialmente el desgaste adiposo, muscular y óseo que ocurrió en las primeras nueve a quince semanas de la lactación en la hembra bovina tipo leche.

Gráfica II: Trayectoria de la producción de leche, consumo de materia seca y del balance energético negativo en la vaca lechera durante la lactación estándar



Fuente: De Laval, 2008.

No obstante, es importante destacar la evolución de la capacidad de producción lechera en la raza Holstein y Pardo Suizo (como se muestra en la Figura 2 y 3); ya que la misma es el objeto del estudio en Panamá. Estas razas al igual que las demás razas ha evolucionado significativamente si observamos los estándares de producción para 1978 (6,500) y (5,200 kg), 1997 (9,000) y (6,950), 2002 (10, 500) y (8,500 kg) y 2006 (11, 680) y (9, 830 kg) para las razas Holstein y Pardo Suizo respectivamente. En ambas razas la tendencia de la grasa láctea ha sido su aumento o estabilidad; a pesar del incremento en la producción de leche (Butler, 2000; Visser y Wilson, 2006; Araúz, 2007).

Figura 2. Características biológicas y zootécnicas de la raza Holstein

EVOLUCION Y DESCRIPCION BIOLOGICA	
RAZA HOLSTEIN	
	ORIGEN FRISIA OCCIDENTAL y HOLANDA SEPTENTRIONAL
	ANCESTRO <u>Bos taurus primigenius</u>
	COLOR BLANCO CON NEGRO Y BLANCO CON ROJO
	TEMPERAMENTO DOCIL
	IMPORTACIÓN 1852
	PESO MACHO ADULTO 1000 kg.
	PESO DE LA HEMBRA 679 kg.
	PESO DE LA CRIA 40 kg.
	PRODUCCION DE LECHE 1978 6500kg, 1997 9000kg, 2002 10500kg, 2006 11680kg
	GRASA LACTEA 3.5 %
	LONGITUD GESTACIONAL 282

Fuente: Araúz, 2008; Asociación Holstein USA, 2011

Figura 3: Características biológicas y zootécnicas de la raza Pardo Suiza

EVOLUCION Y DESCRIPCION BIOLOGICA	
RAZA PARDO SUIZO	
	ORIGEN : SUIZA (SCHWING)
	ANCESTRO: <u>Bos taurus longifrons</u>
	COLOR: CASTANO CAFÉ, PARDO OSCURO
	TEMPERAMENTO: DOCIL (HEMBRAS)
	IMPORTACION: 1869, 1880
	PESO MACHO ADULTO: 900 KG
	PESO DE LA HEMBRA : 635 KG
	PESO DE LA CRIA: 44 KG
	PRODUCCION DE LECHE:
	1978 = 5200 KG 1997 = 6950 KG
	2002 = 8500 KG 2006 = 9830 KG (1.89x)
	GRASA LACTEA 4.01 %(1997) 4.00% (2006)
	LONGITUD GESTACIONAL = 288 DIAS
	PRODUCCION CALORICA DIARIA = 13.20 Kcal
	SUPERFICIE CORPORAL = 5.54 M2

Fuente: Asociación Pardo Suizo, USA, 2004; Araúz, 2007

Estas cifras corresponden al potencial lechero para la vaca Holstein y Pardo Suizo en condiciones de producción con énfasis en la estabulación debido a las condiciones micro ambientales y desde luego son diferentes de las cifras en Panamá Sin embargo, estas constituyen la referencia más válida en términos biológicos y técnicos. En Panamá, la producción de leche anual ha aumentado desde 2,200 kg/vaca en 1970 hasta 5,600 kg/vaca en el 2007 como cifras promedio en la raza Holstein, mientras que en la raza Pardo Suizo las cifras indican una evolución desde 2,100 kg hasta 4,250 kg/vaca anualmente (Araúz, 2007)

Esto significa que la capacidad funcional en términos de la producción lechera anual en las razas Holstein y Pardo Suizo aumentaron en + 3400 y + 2150 kg/año, o sea 2 54 y 2 02 veces en un período de 37 años (Araúz, 2008) En consecuencia, las cifras de la producción de leche en la raza Holstein ha alcanzado entre el 48 y 55% de la producción referencial (11,680) y en la raza Pardo suizo ha alcanzado entre el 50 y 65% de la producción de leche referencial (9,830 kg) Esto indica que es necesario evaluar tanto los componentes técnicos que afectan la producción; así como la propia trayectoria lactacional para establecer los factores que al menos limitan en mayor grado el desempeño lactacional de acuerdo con los sistemas de producción lechera en Panamá En consecuencia, el análisis de la curva de lactación y las condiciones nutricionales pueden contribuir con la generación de la información biológica y técnica como referencia y advertir del potencial lechero por genética

y biología con la estandarización del manejo y las normas de alimentación por nutrición, destacando entre otros aspectos; el efecto de los partos y la época anual

La capacidad para producir leche es afectada por factores genéticos (Wilcox et al, 1978), ambientales (McDowell, 1981, Collier y Beede, 1984, Hansen y Arechiga, 1999, West, 2003), reproductivos (Nebel, 1999 y 2006, Fricke, 1999, Duby y Prange, 2003), nutricionales y de alimentación (Wattiaux, 2003, NRC, 1989, 2001, Oetzel, 1997) y de Salud (Fraser, 1993, Philpot y Nickerson, 1988) No obstante, el crecimiento y la madurez somática también ejercen una influencia sobre el potencial lechero de la vaca lechera; al menos durante los primeros tres partos, y en consecuencia se ha indicado que la producción de leche en el primer, segundo y tercer parto corresponden al 75, 88 y 100% sobre la base del equivalente de madurez somática y lactacional que se produce entre los 48 y 60 meses de edad (Bath et al , 1986)

El entorno ambiental y del manejo nutricional para la vaca lechera en el medio tropical representan factores que limitan la capacidad lactacional debido al bajo valor nutritivo de las dietas, al pastoreo y a la influencia del estrés calórico (Araúz, 2005); si como también como por factores relacionados con la salud en general; incluyendo la influencia de los parásitos externos e internos (Méndez, 2007) y por la mastitis bovina (Araúz, 1994) En consecuencia, la producción lechera en el medio tropical se espera que sea relativamente inferior a las

cifras que caracterizan el perfil racial en las razas especializadas en otras condiciones climáticas y de manejo propiamente

Los estudios nacionales evidencian que el mejoramiento genético a través de la inseminación artificial tiene al menos 40 años; por lo cual es fundamental contemplar los criterios genéticos raciales para generar cualquier evaluación zootécnica que incluya biología reproductiva, lactacional y desempeño fisiológico en general. Los animales que califiquen como purificados e identificados con el patrón racial fenotípico con evidencias del proceso de mejoramiento genético vía inseminación artificial pueden ser utilizados como indicadores del potencial lechero, siempre y cuando se incluyan el perfil nutricional, micro climático y de manejo que se haya utilizado (McDowell, 1981, NRC, 2001, Araúz, 2006)

Con los avances del mejoramiento genético y de las técnicas de producción con énfasis en la alimentación y el manejo micro climático de la vaca lechera, en la actualidad se considera que el periodo lactacional debe brindar rentabilidad durante los 305 días como norma zootécnica (Duby y Prange, 2003), aún en los sistemas de producción lechera a base del pastoreo, con influencia del estrés calórico moderado y con una genética en proceso de mejoramiento por producción y longevidad (Quiróz, 1987; Araúz, 2008).

Cuadro III: Principales eventos reproductivos y lactacionales que forman parte del patrón de la producción de leche en la vaca lechera moderna en base a las razas pesadas Pardo Suizo y Holstein

Características reproductivas y lactacionales	Expresión	Rango
Peso al primer servicio ¹	lb	750 a 850
Peso al primer parto ¹	lb	1050 a 1150
Peso en el estado adulto (48 meses) ¹	lb	1400 a 1475
Periodo Abierto Obligatorio ²	días	45
Periodo Abierto Electivo ²	días	45 a 110
Intervalo entre Partos ²	días	345 a 405
Producción de Leche Total en 305 días ³	kg	9830 a 11680
Tiempo a la máxima producción ³	días	21 a 35
Periodo calostrual y de transición ³	días	7
Longitud lactacional ³	días	270 a 340
Máxima Producción de leche ³	kg	35 a 50

Fuentes (Nebel, 1999, Visser y Wilson, 2006, Araúz, 2008)

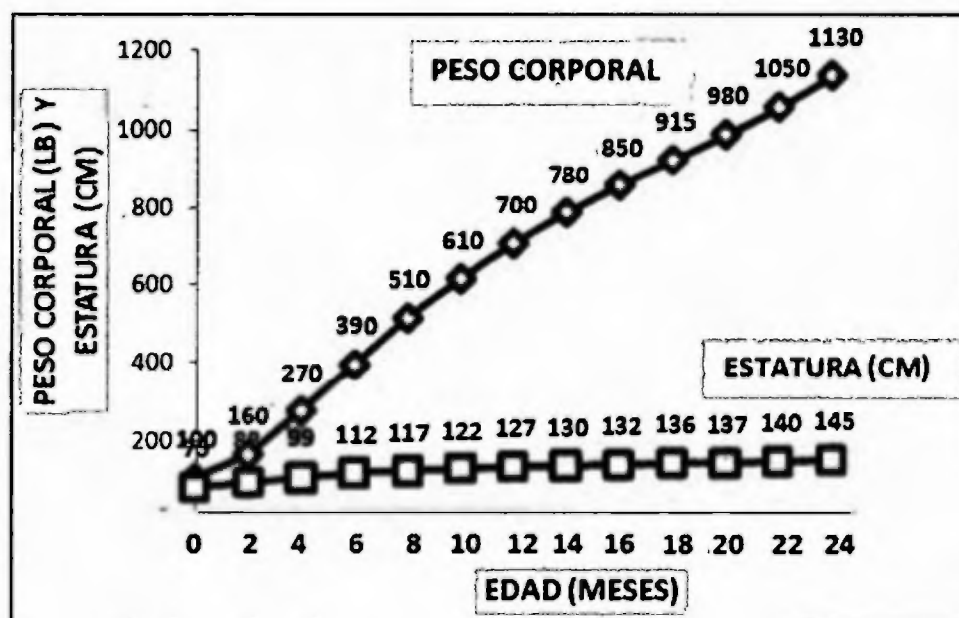
2.2. Indicadores de la biología reproductiva y lactacional en ganado lechero.

El patrón biológico reproductivo de la vaca lechera y el manejo óptimo se encuentran relacionados íntimamente con la producción y productividad de la hembra lechera desde el momento en que se define la pubertad hasta que se produce la última gestación con el objetivo de producción en la finca. La hembra bovina define su patrón reproductivo entre los 15 y 21 meses para su habilitación con un servicio efectivo, dependiendo de su alimentación y el manejo colateral acumulado desde su nacimiento (Araúz, 2007)

2.2.1 Edad al primer parto (EAPP)

La edad al primer parto (EAPP) constituye un indicador que poca importancia se le ha dado, sin embargo, se ha demostrado que la magnitud de las reservas corporales y el peso en general para las vacas que paren por primera vez determinan gran parte de la capacidad para alcanzar la recuperación glandular y ovárica como parte de la normalización reproductiva en la vaca lechera (Correa, 2000) Al concepto de la edad se anexa el valor del peso al primer parto, el cual no solo es importante para la reproducción, sino también para el desempeño lactacional y la producción de leche con eficiencia.

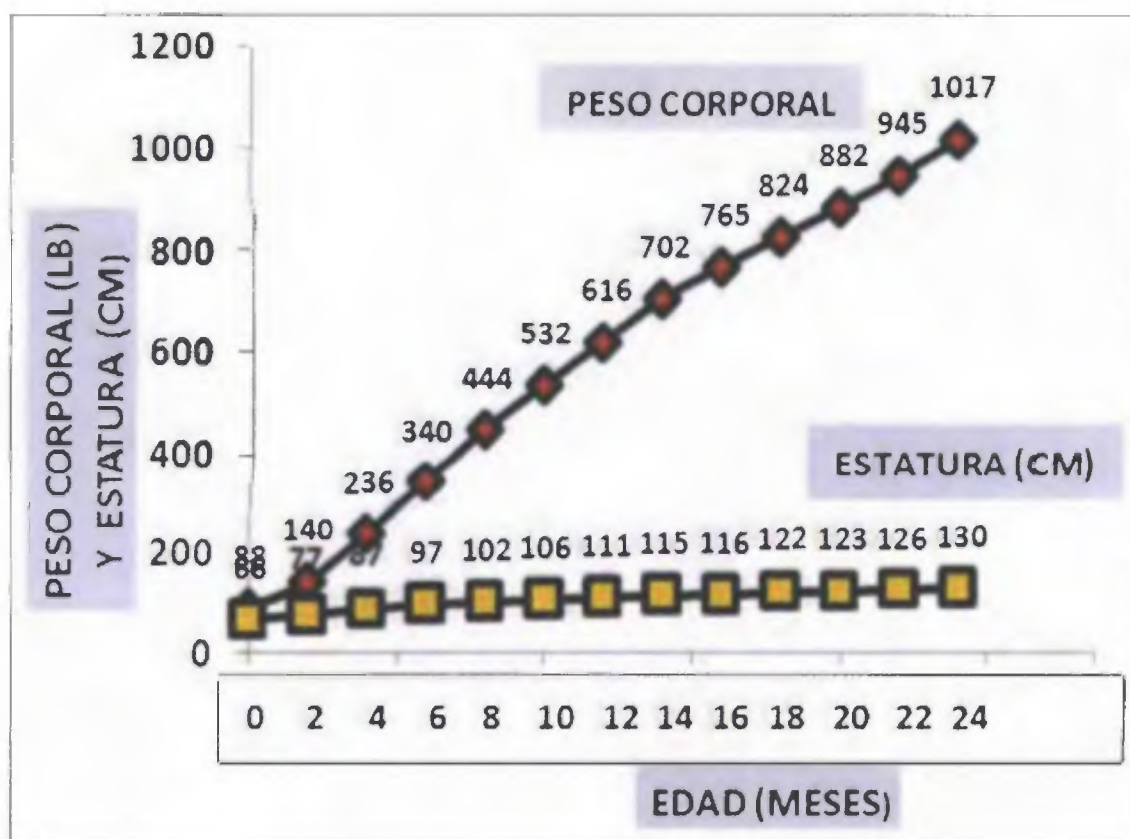
Gráfica III: Trayectoria del peso (lb) y la estatura (cm) en las hembras de reemplazo de la raza Holstein en los primeros 24 meses de vida con un desarrollo ideal



Fuente. Araúz, E. E. 1999 (Adaptado de Hoard's Dairyman, 1982)

En las razas pesadas el peso óptimo al primer parto debe oscilar entre 1050 y 1150 lb para la Holstein y Pardo Suizo, con una altura a la cruz que oscila entre los 130 y 145 cm., tal como se muestra en las Grafica III y IV; aunque en muchos casos estos peso no se cumplen cuando el programa de manejo reproductivo es agresivo en base a la meta de la preñez (Araúz, 2006).

Gráfica IV: Trayectoria del peso (libras) y la estatura (cm) en las hembras de reemplazo de la raza Pardo Suizo en los primeros 24 meses con un desarrollo ideal



Fuente: Araúz, E.E. 1997.

La experiencia en muchas fincas nacionales que logran preñar las novillas antes de contar con su peso apropiado es negativa; ya que se producen una alta frecuencia de partos distócicos, problemas puerperales, bajos índices de producción, dificultad para establecer una nueva preñez, en los casos extremos es necesario secar la vaquilla para prácticamente salvar su vida, y la producción láctea en su vida es menor en comparación con aquellas vacas que paren por primera vez con un peso y altura a la cruz adecuado (Araúz, 2007)

2.2.2 Días abiertos (DA)

Es el tiempo que transcurre entre el parto, hasta que el animal quede gestante. Dado que los días abiertos determinan el intervalo entre parto, este parámetro es una de los indicadores del estatus reproductivo del hato. La variación en días abiertos se debe a la eficiencia en la detección de calores, el periodo voluntario que se fija para inseminar a las vacas después del parto, a los servicios por concepción y a la reanudación de la actividad reproductiva posparto de las vacas (Mellado, 1994)

Se ha fijado la meta como aceptable para el periodo abierto posparto entre 85 a 110 días (Nebel, 1998). Uno de los factores que mayor impacto tiene sobre el periodo abierto es el balance energético negativo (Butler y Smith, 1989), el cual se traduce en un anestro posparto, el cual se amplifica al aumentar el potencial lechero de la vaca (Ecker, 1995)

Araúz (2008) indica que el periodo abierto para preñez en las fincas lecheras especializadas en Panamá se encuentra entre 85 y 160 días con un 55% de animales atrasados, es decir con un servicio efectivo después de los 110 días posparto, evidenciando parte de los problemas reproductivos que son reconocidos por su relación con numerosas pérdidas económicas

El aumento por días abiertos por encima de los 110 días, es típicamente asociado con una disminución de la rentabilidad en vacas lecheras. En EEUU se asume una pérdida de \$ 1.50 por día adicional que la vaca está vacía sin asumir costos por aumento de descarte en vacas (De Vries, 2004). Araúz (2006) menciona que la pérdida por un incremento a 130 días abiertos esta alrededor de \$ 200 00 en vacas con promedio de producción de 25 kg/día, sin embargo, la magnitud de las pérdidas deberán ser ajustadas por los precios actualizados para la leche cruda y por los costos de producción

Los días abiertos afectan negativamente la tasa de preñez en las vacas, en la medida que aumenten los días abiertos más difícil será preñar una vaca como se indica en la gráfica V; partiendo del ciclo de producción influido por una gestación de 278 días y una proyección de un parto anual (Van Raden, 2007).

Gráfica V: Trayectoria de la tasa de preñez según los días abiertos en producción bovina



Fuente: Van Raden, 2007.

2.2.3 Período de Espera Voluntario (PEV) o Periodo Abierto Electivo (PAE)

El intervalo que tiene que transcurrir desde el parto hasta que la vaca está apta para su primer servicio se llama período de espera voluntario (PEV). Como dice su nombre, la duración de este intervalo es voluntaria (una decisión de manejo) y puede variar entre 40 y 70 días. El PEV es parte del período de transición después del parto y representa un riesgo para la salud futura y productividad de la vaca (Fricke, 2007).

Las vacas pueden experimentar desórdenes fisiológicos como retención de placenta, metritis, cetosis, desplazamiento de abomaso, y quistes ováricos durante el PEV. Recientes avances en el manejo de vacas en transición, como el uso de raciones de transición, monitoreo de la motilidad del rumen,

mediciones de betahidroxibutirato para medir cetosis y temperatura corporal pueden minimizar muchas de estas complicaciones. Los eventos reproductivos más importantes durante del PEV son: iniciación de la lactación, involución uterina, la primera ovulación posparto y el reinicio de la ciclicidad reproductiva (Castillo, 2001)

Aunque la mayoría de los productores ajustan la duración de su PEV, algunas decisiones de servir o no vacas individuales ocurren antes de terminar el PEV. Por ejemplo, muchos productores deciden inseminar sus vacas en celo a los 50 días posparto cuando su PEV está ajustado a 60 días. Aunque esto parece ser una simplificación de las decisiones de manejo, pues el PEV puede variar entre vacas individuales, la decisión de inseminar por primera vez una vaca frecuentemente se determina basado en cuando (o si) la vaca muestra celo, más que en una predeterminada decisión de manejo. En tales casos la vaca está manejando la decisión del servicio en lugar del director de la granja. Sin embargo, en muchas granjas de alto potencial productivo este periodo tiende a alargarse para permitir una mayor producción láctea y evitar preñar a la vaca demasiado temprano con su conocida disminución en la producción.

2.2.4 Intervalo entre partos (IEP)

Es el tiempo que transcurre entre un parto y otro de un mismo animal. Este parámetro refleja el éxito de un programa reproductivo, pero no muestra fallas

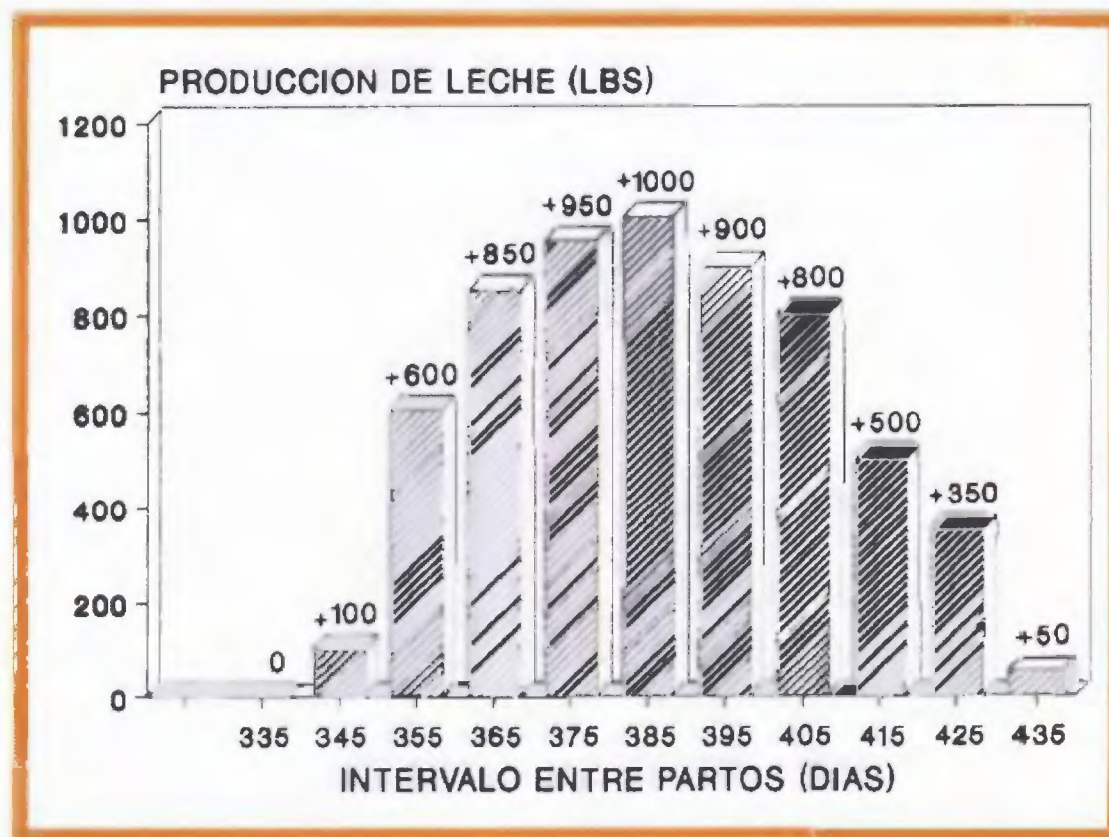
reproductivas, como por ejemplo las vacas que son eliminadas del hato por problemas de reproducción. El periodo abierto electivo obligatorio (PAO) y el periodo abierto electivo (PAE), tienen una relación directa con el intervalo entre partos (IEP), el cual ha sido relacionado con la próxima producción de leche y con las pérdidas reproductivas en función del periodo abierto (Nebel, 1998). El rango aceptable para el intervalo entre partos es de 12.5 a 13 meses (Wattiaux, 1999).

Para cada vaca, el (IEP) puede subdividirse en cuatro etapas: 1) Período de espera voluntario (PEV), o el intervalo del parto hasta que la vaca es apta para recibir su primer servicio, 2) El intervalo desde el fin del PEV hasta el primer servicio, 3) El intervalo del primer servicio a la concepción, 4) Período de gestación. Debido a que cada vaca tiene que avanzar consecutivamente a través de estos cuatro períodos, cada intervalo representa una oportunidad de manejo para optimizar el (IEP) promedio del hato. Comprendiendo los factores que regulan la duración de cada uno de estos intervalos y las oportunidades de manejo que estos intervalos presentan, tendremos una visión de las estrategias agresivas para mejorar la eficiencia reproductiva (Fricke, 2007).

Los estudios de Wilcox et al., (1978) indican que el periodo abierto y el intervalo entre partos tienen un efecto curvo lineal sobre el desempeño lechero, resultando la cifra de menor implicación cuando el IEP fue entre 365 y 495 días, aunque el óptimo correspondió a 385 días propiamente como se

indica en la gráfica VI. Algunos de los factores que alteran el intervalo entre partos se encuentran: el plano nutricional en los primeros 100 días de ordeño, la condición corporal al parto, el grado de estrés calórico, la eficiencia en la detección de los celos y el dominio de la técnica de la inseminación artificial, la producción de leche acumulada en los primeros 100 días y el número de partos (Araúz, 2010).

Gráfica VI: Efecto del intervalo entre partos sobre la producción de leche en la siguiente lactación en comparación con la lactación anterior con manejo reproductivo normal



Fuente: Wilcox et., al., (1978).

2.2.5 Tasa de concepción (TC)

La tasa de concepción es un indicador reproductivo generado a partir de los servicios por concepción; y en consecuencia se ha establecido que el mismo debe oscilar entre 55 y 70% (Araúz, 2008), no obstante los factores ambientales y de estrés (Jordan, 2003), el balance energético negativo (Butler y Smith, 1989), y el tipo de manejo reproductivo principalmente efectos de la calidad del semen, fertilidad de la vaca, tiempo de inseminación, manejo del semen, técnicas de inseminación (Nebel, 1998) afectan su valor zootécnico.

Esta tasa de concepción es la suma de varios factores entre los cuales están la fertilidad de las hembras, la fertilidad del semen, la precisión en la detención de celo con una inseminación al tiempo óptimo y por último la eficiencia del inseminador (tal como se muestra en el esquema 1) Lógicamente el factor de la fertilidad de la hembra es el que más afecta esta tasa de concepción en hatos con manejo y tecnología adecuada Variables como la alimentación (Butler, 2009), estrés calórico (Jordan, 2006), manejo (Araúz, 1999) y salud animal (Risco et al , 1999) afectan directamente la capacidad de la vaca para quedar preñada

Esquema 1: Factores que afectan la tasa de concepción en la vaca



Fuente: Cavazos, 2000.

2.2.6 Servicios por concepción (SPC)

El número de servicios por concepción (SPC) en función del establecimiento de una preñez efectiva expresa el comportamiento reproductivo posparto de la vaca cuando el seguimiento del celo y la inseminación artificial son realizados en forma apropiada (Fricke, 1997). El valor más apropiado se encuentra entre 1.4 y 1.75 para el ganado lechero especializado en Panamá. Aunque, también es influenciado por calidad del semen y principalmente por la efectividad de el inseminador (Araúz, 2008).

Los indicadores de la reproducción pueden ser vinculados con pérdidas económicas, dependiendo de la naturaleza del índice y del potencial lechero de la vaca, por lo cual su aplicación debe considerar el potencial lechero de la finca así como el potencial genético de la vaca y la naturaleza técnica del sistema de producción propiamente

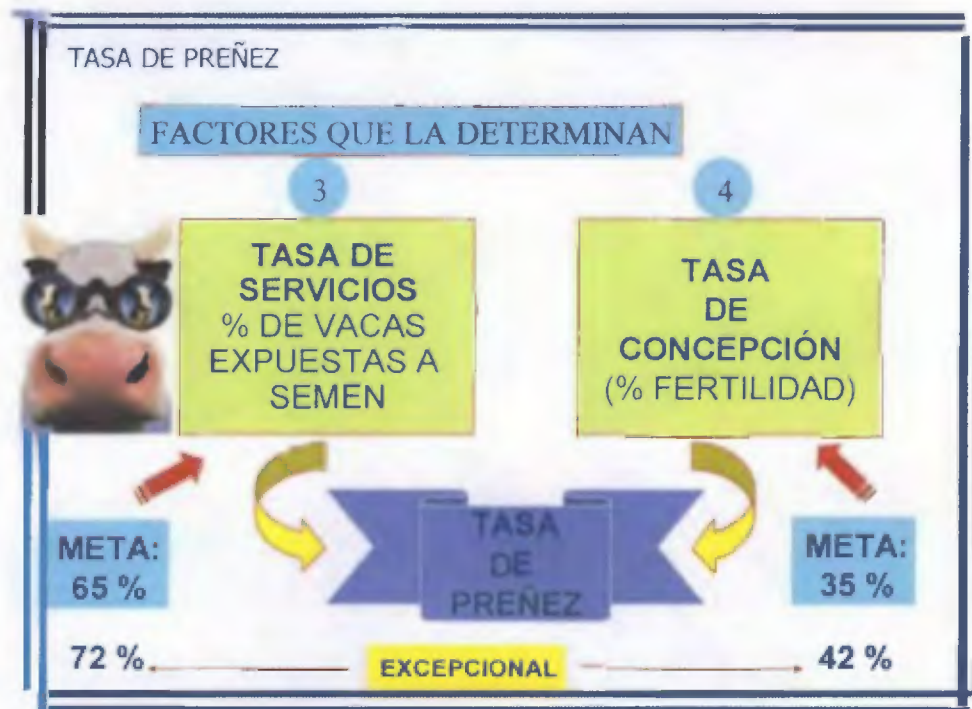
2.2.7 Tasa de preñez (TP)

El intervalo del primer servicio a la concepción representa la tasa a la cual las vacas conciben, y varía dramáticamente entre las vacas. La tasa a la cual las vacas se preñan en un hato, llamada tasa de preñez, es definida como el número de vacas aptas que conciben cada 21 días. Dos factores que determinan la tasa de preñez son 1) servicios por concepción o tasa de concepción, y 2) tasa de detección de estro o tasa de servicio tal como se muestra en el esquema II. Así, unas pocas vacas conciben a la primera IA, mientras que otras requieren más servicios para lograrlo. En muchas granjas se calcula el inverso matemático de la tasa de concepción (servicios por concepción). De modo que, este intervalo es calculado como un promedio para todas las vacas del hato (Risco, 2000)

La fertilidad de la vaca lechera comúnmente se mide calculando el porcentaje de vacas que conciben después de un servicio, también conocido como tasa de preñez por inseminación artificial (TP/IA). La tasa de preñez en un hato

está directamente relacionada con su TP/IA. La mala noticia es que la TP/IA en vacas lactantes es muy pobre, y ha disminuido drásticamente en los últimos 40 años, mientras que TP/IA en vaquillas ha permanecido invariable, tal como se muestra en el Cuadro IV (Fricke, 2007)

Esquema II: Factores que determinan la tasa de preñez



Fuente: Cavazos, 2000

Típicamente, TP/IA es menos del 50%, aún en granjas bien administradas, con excelente manejo nutricional y reproductivo. Además, el estrés ambiental,

como en la época seca, puede reducir aún más las TP/IA a menos de 10% en casos extremos (Hansen y Arechiga, 1999, Jordan, 2003) Aunque los mecanismos fisiológicos específicos responsables de esta reducción no son claros, a TP/IA está negativamente relacionada con el incremento en la producción, consecuencia de la agresiva selección genética y las prácticas modernas de manejo que han ocurrido durante los últimos 40 años (De Vries, 2007) Valores de 30% en la TP son óptimos, para obtener estos resultados es necesario obtener tasas de detección de celo por arriba del 70% y tasas de concepción de más de 40% (Cavazos, 2000):

Cuadro IV: Cambio en la tasa de preñez por inseminación artificial (TP/IA) y producción en ganado Holstein de 1955 a 2005.

Año	TP/IA (%)		Producción (kg/lactancia)
	Vacas	Vaquillas	
1955	60	66	2,726
1975	50	65	4,990
1995	40	70	7,711
2005	30	70	11,000

Fuente. Fricke, 2007

2.2.8 Gestación

La gestación promedio en vacas Holstein es de 282 días, pero su duración puede variar ampliamente. Además de los muchos factores que afectan la duración de la gestación (Foote, 1981), las gestaciones de gemelos son entre 6 y 10 días más cortas (Fricke, 2007, Foote, 1981, Nielen et al., 1989). Sin importar esta variación en su duración, la gestación no se considera de utilidad para el manejo del intervalo entre parto en el hato lechero.

La preñez reduce marcadamente la producción de leche, en particular durante la última fase del desarrollo fetal (Knigh y Wild, 1993). Para el octavo mes de gestación esta reducción es de 20% menor que una vaca vacía con los mismos días de lactación. Las razones por las que se reduce la producción de leche durante la gestación son debido al incremento en la demanda de nutrientes de la vaca (Remond et al., 1992), además, por los cambios en las secreciones hormonales principalmente los niveles elevados de estrógenos y progesterona que interfieren con la producción de leche (Sorensen, 1991).

Basado en los cuatro intervalos que constituyen el intervalo entre partos, el IP se puede predecir basado en índices de manejo reproductivo promedio o bajos. Así, el manejo reproductivo promedio resulta en un IP más largo del deseado basado en el argumento de que el IP de 13 meses resulta en un mayor retorno anual por vaca. Frecuentemente hay granjas con dificultades en

el manejo reproductivo, que experimentan períodos abiertos por encima de los 18 meses

Cuadro V: Intervalo entre partos predicho para un hato basado en el manejo reproductivo promedio o pobre

Intervalo días	Manejo reproductivo promedio	Manejo reproductivo pobre
Periodo de espera voluntario (PEV)	50	40
Fin del PEV Al primer servicio IA ^a	21	62
Primer servicio a concepción ^b	105	165
Gestación	282	282
Intervalo entre parto promedio	458 días	549 días

Fuente: Fricke, 2007

^a Basado en una tasa de servicio del 50% para el desempeño reproductivo promedio, 30% por pobre desempeño reproductivo

^b Basado en tasa de servicio del 50% y tasa de concepción del 40% para el desempeño reproductivo promedio, tasa de servicio del 30% y tasa de concepción del 40% para el pobre desempeño reproductivo

2.2.9 Periodo seco (PS)

La duración del periodo seco debe ser entre 40 y 70 días, por razones de producción y manejo ya que los periodos secos muy cortos o demasiados largos reducen la producción de leche en la siguiente lactancia (Sørensen, 1991) Vacas con periodos secos por encima de 70 días presentan mayores medias de balance energético negativo y más prolongados que vacas con periodos secos cortos de 30 días (Rastani et. al., 2005). Este comportamiento es importante si se toma en cuenta que las vacas presentan su primera

ovulación posparto 14- 15 días después de haber alcanzado el piso del balance energético negativo (Butler, 2000, Canfield et al., 1990) Sin embargo, todos estos indicadores muestran variaciones significativas entre las fincas lecheras grado A debido a varios factores de manejo zootécnico, genéticos, ambientales y de salud, pero en especial debido a la influencia de la nutrición y alimentación Los indicadores reproductivos y lactacionales actúan como un marco referencial, permitiendo establecer las metas y a su vez facilitando la evaluación diagnóstica sobre el marco operativo de la empresa lechera moderna cuadro (VI) para su manejo técnico y la administración

Cuadro VI: Índices reproductivos más comunes y sus valores óptimos

Índice reproductivo	Valor óptimo	Indicación de problema
Intervalo entre parto	12.5 – 13 meses	> 14 meses
Promedio de días al primer celo observado	< 40 días	> 60 días
Vacas observadas en celo entre los primeros 60 días luego del parto	> 90%	< 90%
Promedio de días de vacías al primer servicio	45 a 60 días	> 60 días
Servicios por concepción	< 1.7	> 2.5
Índice de concepción al primer servicio en novillas	65 a 70%	< 60%
Índice de concepción al primer servicio en vacas en lactancia	50 a 60%	< 40%
Vacas que conciben con menos de tres servicios	> 90%	< 90%
Vacas con intervalo entre servicios entre 18 y 24 días	> 85%	< 85%
Promedio de días de vacía	85 a 110 días	> 140 días
Vacas vacía por más de 120 días	< 10%	> 15%
Duración del periodo seco	50 a 60 días	< 45 o > 70 días
Promedio de edad al primer parto	24 meses	< 24 o > 30 meses
Porcentaje de abortos	< 5%	> 10%
Porcentaje de descarte por problemas reproductivos	< 10%	> 10%

Nebel, 1998, Wattiaux, 1999, Araúz, 2008, Holy, 2008

2.3. Características de la vaca lechera durante el posparto

El control hormonal durante la gestación en los rumiantes implica que la influencia de la progesterona procedente del cuerpo lúteo y de la placenta correspondiente a la preñez produzca una barrera hormonal que impide que el hipotálamo y la hipófisis efectúen la liberación de GnRH, FSH y LH respectivamente (Hafez, 1996)

Una vez que se produce el parto, se libera el mecanismo inhibitor de la progesterona, al mismo tiempo que se inicia el restablecimiento urogenital, en donde el útero contribuye con la síntesis parahormonal de la prostaglandina en forma amplificada. El restablecimiento hormonal es una función dependiente de los factores nutricionales, principalmente del balance energético y la condición corporal (Butler y Smith, 1989), ambientales (Jordan, 2003; Araúz, 2007) y puerperales del parto propiamente

Butler y Smith, (1989) han señalado que el periodo posparto a la primera ovulación oscila entre 17 y 42 días incluyendo numerosos estudios. Ello sugiere que la actividad ovárica debe regularizarse entre los 35 y 55 días posparto, siempre y cuando el balance energético sea aceptable metabólicamente para las vacas en producción

En las vacas lecheras el pico de producción se presenta entre seis y diez semanas después del parto. El tiempo de máxima producción de leche no

coincide con la capacidad máxima para consumir alimentos (Senatore, 1996) y ese tiempo es la época en la cual los ovarios se están preparando para producir la primera ovulación postparto (Butler y Smith 1989). La actividad ovárica postparto de las vacas parece estar relacionada directamente con el consumo de nutrientes y con la producción de leche (Butler y Smith, 1989, Lucy et al., 1992, De Vries, 2006), aunque los factores ambientales afectan la reactivación ovárica (Jordan, 2003).

La dinámica folicular postparto se relaciona con el balance energético. El número de folículos en cada onda folicular, el diámetro máximo alcanzado por el folículo dominante, el período parto-primer ovulación y la cantidad de progesterona reducida por el primer cuerpo lúteo, parecen depender de la cantidad de nutrientes ingeridos y de la capacidad homeorrética de las vacas (Staples et al., 1998, Butler y Smith, 1989; Senatore et al., 1996, Lucy et al., 1992)

Muchas investigaciones recientes en reproducción de ganado se han enfocado hacia el estudio del crecimiento y desarrollo de los folículos en los ovarios por medio de ultrasonografía y la medición de niveles hormonales con el propósito de mejorar la comprensión de la función ovárica en el postparto (Henaó, 2001)

Una mayor cantidad de investigaciones en nutrición se han desarrollado con el objetivo de valorar el consumo, la digestibilidad, la producción y calidad de la leche Sin embargo pocas evalúan el crecimiento folicular, el retorno al estro o

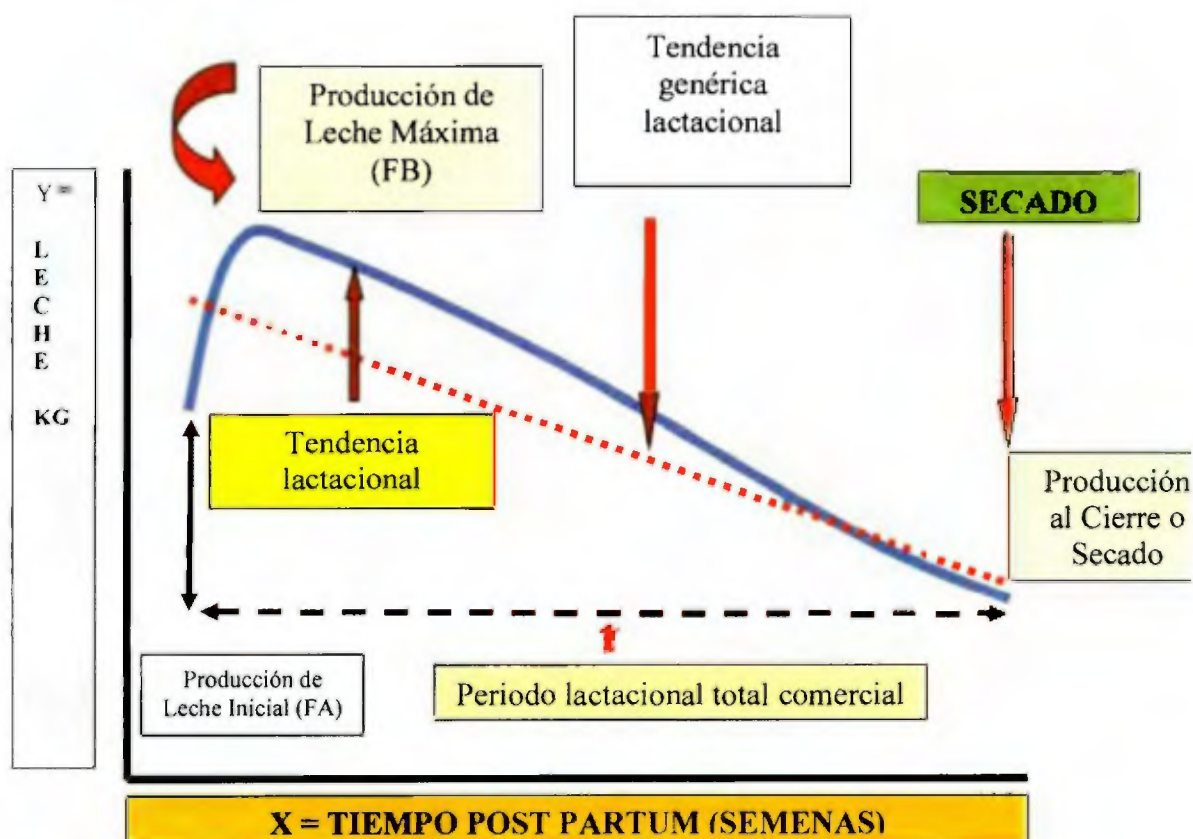
la eficiencia de la fertilidad (Senatore *et al*, 1996) A pesar de la intensa actividad investigativa sobre la fisiología del anestro postparto, la ovulación, la gestación y la nutrición de vacas lecheras, aún falta aclarar aspectos fundamentales que permitan significativamente el período abierto y mejorar la tasa de preñez

2.4. Indicadores biológicos y zootécnicos lactacionales en la hembra bovina tipo leche

Los componentes físicos de la curva de lactación son trasladados a los indicadores biométricos o descriptores cuantitativos del periodo de producción a partir de la segunda semana postparto hasta el cierre de la producción viable por razones reproductivas y económicas. Entre los principales descriptores biolactacionales aplicados para la ponderación genética y para la adecuación del manejo apropiado se encuentran los siguientes índices biolactacionales y reproductivos aplicables en ganadería de leche para mejorar el manejo y aprovechamiento del recurso animal en la empresa de producción lechera presentados por Araúz (2010): Producción láctea diaria inicial, Producción láctea semanal, Producción láctea mensual, Producción láctea máxima, Producción láctea acumulada hasta los 100 y 200 días, Producción láctea real, Producción láctea ajustada a 305 días, Producción láctea promedio, Producción láctea ajustada por grasa láctea al 3.0, 3.5 y 4.0% y Producción láctea al cierre del periodo de producción La producción de leche puede ser

ajustada por el número de partos, la época anual (clima tropical y subtropical), el periodo seco preparto, el mes del parto, la estación anual (climas templados y homólogos) y por el potencial energético y proteico de la dieta. El siguiente esquema permite identificar los vectores de mayor importancia y trascendencia biológica y técnica del periodo de la producción de leche en la hembra bovina (Wood, 1964; Larson et al., 1974; Larson, 1985; Bauman y Currie, 1980; Bath et al., 1986; Grossman, 2001 y Araúz, 2010).

Esquema III: Componentes críticos de la curva de lactación en la vaca lechera



Fuente: Araúz, 2010.

2.5. La fase lactacional y la curva de producción de leche en la vaca

La producción de leche es considerado una función dependiente del manejo reproductiva desde el momento en que se logra el establecimiento de la gestación, en especial en los últimos dos tercios del periodo gestacional en los rumiantes. La lactación es el resultado de dos procesos: en primer lugar, la síntesis y secreción de la leche a la luz del alveolo y, en segundo lugar, la extracción de la leche de la glándula. El potencial para la producción lechera diaria queda determinado poco después del parto, por la cantidad de tejido secretor existente y su actividad (Holmes y Wilson, 1989).

En consecuencia, la preñez en sus tres sectores hormonales determina la capacitación parenquimal desde los núcleos lobulares hasta el estado lóbulo-alveolar, cuyo caso en la especie bovina se identifica con la diferenciación parenquimal mamaria al momento del parto con una capacidad citológica para efectuar selección de nutrientes y síntesis de los componentes lácteos por el orden del 98% (Larson, 1974, Head, 1986). En la especie bovina, la gestación culmina con el parto y a partir de este momento, se establece biológicamente el periodo durante el cual, el sistema mamario puede ejercer de manera autónoma el proceso de la formación de los componentes de la leche y la secreción láctea (Guidry, 1985); siempre y cuando se produzcan en forma frecuente y sostenida la estimulación galactopoiética y la extracción de la leche

en forma no traumática a través de la succión del ternero, del ordeño manual o del ordeño mecanizado, que estimule la bajada de la leche por el mecanismo que involucra la oxitocina (Bath et al , 1986)

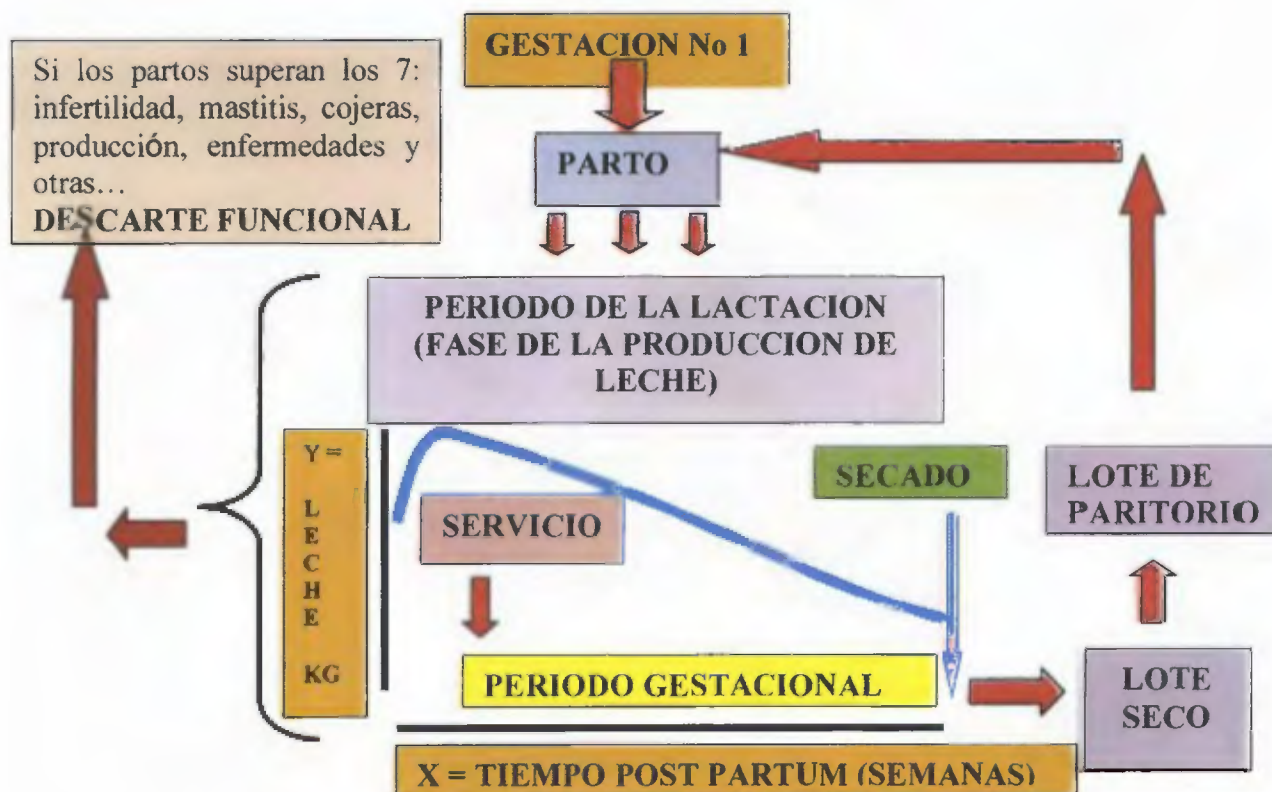
2.5.1 Curva de lactación

La evolución de la producción lechera desde el parto hasta el secado puede ser representada gráficamente por una curva de lactancia, la cual a su vez puede ser descrita por medio de una función matemática de un proceso biológico extremadamente complejo (Cañas et al , 2009); y sujeto a influencias, tanto genéticas (Wilcox et al ,1978) como ambientales (Jordan, 2003, Araúz, 2006); conformando el patrón biolactacional y cuya forma se expresa en forma bidimensional cuando se proyecta la cantidad de leche a través del eje Y versus su relación con el factor tiempo postparto a través del eje X (Araúz, 2005) El patrón lactacional de la vaca lechera guarda una relación con el ciclo reproductivo y productivo de la vaca lechera. La proyección de la fase de producción integral la biología reproductiva y el desempeño lactacional (ver esquema IV)

La producción de leche a lo largo de una lactación presenta una forma curvo lineal con varias fases El periodo de la lactación o fase de producción lechera es dividida en tres sectores en los ruminantes de acuerdo con la biología de la curva lactacional (Larson, 1974, Mephram, 1983); correspondiendo estos al

sector alto (producción de leche en los primeros 100 días); el sector medio (producción entre los 100 y 200 días) y finalmente el sector bajo que incluye el periodo de producción después de los 200 días respectivamente (ver gráfica 4). Esta subdivisión fue asociada con la sectorización económica de la curva lactacional de acuerdo con la rentabilidad más probable (Call, 1978) y fue válida hasta 1985. No obstante, el ganado lechero especializado ha evolucionado con la selección intensiva; alcanzando una producción de leche muy superior (Visser y Wilson, 2006).

Esquema IV: Componentes del ciclo reproductivo y lactacional en la vaca Lechera



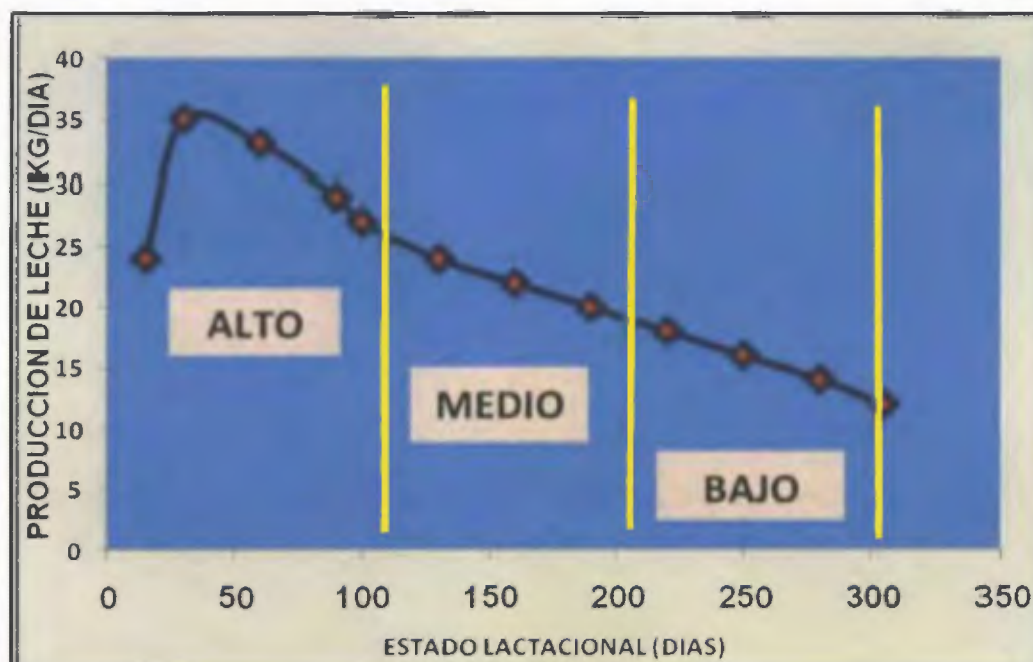
Fuente: Araúz, 2008.

En las diferentes fases, los requerimientos nutricionales varían de acuerdo a su nivel de producción (Cole, 1988). La producción de leche aumenta rápidamente después del parto, hasta el 50 y 80 por ciento de la producción máxima diaria, en pocos días. La máxima producción diaria se alcanza de tres (3) a seis (6) semanas después del parto y luego se produce un descenso gradual en la producción, durante el resto de la lactancia (Judkins, 1978).

La sectorización lactacional por biología y economía en la actualidad consta de cuatro sectores; de acuerdo con la producción de leche diaria ajustada por estado lactacional, los requerimientos nutricionales, la actividad reproductiva, la fisiología y el metabolismo relacionado con el consumo de alimento y nutrientes, la tendencia de la producción de leche, la eficiencia energética y proteica para producir leche, el desarrollo y la capacidad lactogénica y lactopoiética, el manejo nutricional pre y postparto y la frecuencia del ordeño propiamente (Araúz, 2009).

La producción de leche sectorial y total con relación con el peso corporal en la vaca lechera es superior a otros mamíferos (Mepham, 1983). En consecuencia, el comportamiento y la eficiencia durante la lactación representa un alto costo bioenergético y funcional para sostener con éxito y salud la exportación de nutrientes por medio de la ubre.

Gráfica VII: Sectorización de la curva de lactación por magnitud de la producción de leche y margen de rentabilidad según el estado lactacional o tiempo post parto en la vaca lechera.



Fuente: Call, 1978

A menudo se usan descripciones algebraicas de la curva de lactancia para una variedad de propósitos, entre los cuales se pueden citar: pronóstico de la producción total a partir de muestras parciales, planificación del hato con la ayuda de la predicción confiable de la producción, selección a partir del conocimiento de las relaciones entre las diferentes partes de la curva, suministro de alimento concentrado a partir del nivel de producción entre otros. Pero es importante encontrar en cada medio de producción la función matemática que mejor describa la curva de lactancia de los animales (Quintero et al., 2007).

El estudio de las propiedades matemáticas de la curva de lactancia proporciona información resumida acerca de la producción de ganado lechero, que es útil en la toma de decisiones de gestión, por ejemplo, la vigilancia de la salud y la alimentación individual (Silvestre et al., 2006)

La forma de la curva de lactancia es obtenida a partir de los parámetros que la caracterizan, como el nivel de producción inicial, el tiempo requerido en alcanzar la producción máxima, la producción máxima o al pico, la persistencia o el nivel que se mantiene la producción, y la longitud de la lactancia (Silvestre et al., 2006). Generalmente estas son las etapas críticas que marcan en mayor nivel la producción total por lactancia como se ilustra en la Figura 4 (Araúz, 2010).

Figura 4: Aspectos críticos en la curva de lactancia de la vaca de leche



Fuente: Araúz, 2010.

2.5.2 Descripción de la curva de lactancia por modelos matemáticos

Para describir la producción de leche a través de la lactancia en animales domésticos, se han propuesto diversos modelos matemáticos. En ganado lechero, la modelación de las curvas de lactancia ha sido objeto de extensa investigación. La ecuación más ampliamente utilizada fue la propuesta por Wood (1967) que es derivada de la función gama incompleta, la cual permite la estimación de diferentes coeficientes que pueden ser interpretados biológicamente. El modelo regresivo de Wood corresponde a la función gamma incompleta con la transformación logarítmica en base a la siguiente ecuación simplificada:

$$Y = A X^b e^{-cx} \quad \text{donde}$$

Y es la producción de leche (lb/vaca - día), A es el factor de regresión referencial, X es el tiempo postparto dentro de la fase lactacional, b es el primer coeficiente de regresión, e es el exponente 2.7183 y c es el segundo factor de regresión. Este modelo ha sido adaptado a través de la programación con SAS (1997) para obtener los aspectos críticos de la curva de lactación, como son máxima producción, tiempo a la máxima producción y la persistencia láctea.

Otros modelos han sido utilizados para evaluar y analizar la trayectoria de la producción de leche en función del tiempo postparto

Entre algunas alternativas que se han utilizado se encuentran

- Función lineal hiperbólica $Y = b_0 + b_1x + b_2x^{-1}$
- Función gama incompleta $Y = b_0x^{b_1}e^{-b_2x}$
- Polinomio segmentado cuadrático-cuadrático $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + (c_1 - b_2)Z$

Donde. $Z=0$, si $X < k$, $Z = (X-K)^2$, si $X > K$

- Polinomio cuadrático con tres segmentos (PSCCC)

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + c_1Z_1 + c_2Z_2$$

Donde. $Z_1 = (X-K_1)^2$, si $X > K_1$, $Z_2 = (X-K_2)^2$, si $X > K_2$

En los modelos antes indicados; los componentes son y y es la producción de leche diaria, X es la semana de la lactación, b_0 , b_1 , b_2 son los parámetros de cada función, K , K_1 , K_2 , son los puntos de unión entre los segmentos de los polinomios segmentados. La estimación de cada punto se obtiene por inspección, para la visualización de cuantos segmentos componen la recta, además de los probables puntos donde ocurre el cambio de curvatura. Otro modelo utilizado es el modelo de Ali y Achaeffer, el cual suele compararse con el modelo de Wood y cuyo modelo matemático se desarrolla como $y(t)$

$$y(t) = a + b \cdot \frac{t}{305} + c \cdot \left(\frac{t}{305}\right)^2 + d \cdot \ln \frac{305}{t} + j \left(\ln \frac{305}{t}\right)^2$$

Donde.

$y(t)$ = producción de leche en el día de control, o composición porcentual de proteína, grasa, y lactosa.

t = día correspondiente al pesaje a, b, c, d, i = parámetros a estimar.

e » **2,7183** = base de los logaritmos naturales

Además, de estos modelos para evaluar la curva de lactación en la vaca lechera, otro modelo que ha sido aplicado es el propuesto por Togashi y Lin (2003), el cual se fundamenta en el valor reproductivo estimado según I_D en la expresión.

$$I_D = \sum_{t=1}^{305} w_t EBV_t = \sum_{t=1}^{305} w_t \sum_{i=0}^{k-1} \phi_i(t) \alpha_i$$

Donde $\phi_i(t)$ es el orden i th del polinomio legendario evaluado en el día t estandarizado entre -1 y 1, α_i es el coeficiente de regresión al azar i th (RR), k es el orden de ajuste y w_t es el peso que representa el factor día (t)

La naturaleza curvilínea de la curva de lactación en la especie bovina y otras hembras mamíferas ha sido contrastada con los posibles factores que determinan su forma y trayectoria, sin embargo, hasta los años de 1980 se contaba con elementos sobre la citología especial de la glándula mamaria y sobre las organelas, funciones, actividad parénquima mamaria y tasa de síntesis y secreción (Tucker, 1975, Erb, 1980; Peaker y Knigth, 1982, Larson, 1974), así como también por los factores de orden metabólico (Bauman y Currie, 1980, Baumrucker, 1983, Davis y Head, 1986, Butler y Smith, 1989, Ferguson y Chalupa, 1989, NRC, 2001)

El enfoque del análisis de la trayectoria lactacional se fundamenta en un sector en que la producción de leche aumenta en forma gradual hasta alcanzar el máximo de rendimiento, se estabiliza conformando el sector estable y finalmente se produce el sector c que se caracteriza por la decadencia en la producción de leche, cuya tendencia es común para la especie bovina, caprina, ovina y bufalina (Araúz, 2008).

Cada uno de estos coeficientes esta fuertemente influenciado por factores genéticos (Wilcox et al , 1978) y ambientales (Jordan, 2003; Araúz, 2007), que intervienen en la producción de leche, entre los mas destacados están: la raza, el número de parto y el año y mes del parto (Cañas et al , 2009)

Varios autores concluyeron que la forma de la curva de lactancia se ve afectada por diversos factores ambientales, tales como año de parto, mes de parto y número de partos. Existe una relación directa entre la forma de la curva de lactancia y la producción de pasturas en la pradera, en sistemas de alimentación a potreros (Grossman y Koops, 2003; Silvestre, et al, 2006; Quintero, 2007)

El uso de modelos matemáticos, tanto mecanísticos como empíricos, ha permitido conocer las curvas de lactancia de animales domésticos en diferentes sistemas de producción lechera. Sin embargo, no todos los modelos matemáticos se adecuan a una curva de lactancia típica, con sus respectivas fases secuenciales de producción ascendente, máxima y descendente. Por consiguiente, un modelo adecuado sería aquel que permita predecir la producción máxima y el lapso requerido para que ella ocurra. Asimismo, los parámetros de un modelo adecuado de la curva de lactación deben reflejar las influencias de factores genéticos, fisiológicos, productivos, ambientales, y sus interacciones.

La explicación de la curva lactacional ha sido un tema muy discutido sin alcanzar una definición concreta. Actualmente, se sabe que el tejido parénquima mamario sufre una apoptosis gradual y consistente a partir del pico lactacional, la cual está determinada principalmente por factores celulares, químicos y enzimáticos locales, influencia de los metabolitos y el suministro de

nutrientes en la glándula mamaria, factores hormonales asociados con la gestación y los cambios en la angiogénesis local que van asociados con la regresión histológica y funcional de la ubre (Head, 1986, Larson et al., 1985; Stefanon et al., 2002, Sörensen et al , 2006)

2.6. Factores que afectan el desempeño lactacional y la eficiencia Lechera

La producción de leche se determina de acuerdo con la edad de la vaca, el peso y la condición corporal al parto; ya que estas constituyen fuentes de variación que afectan la magnitud del valor biológico para poder emplearse tomando en cuenta la ponderación genética y zootécnica. Es posible utilizar el patrón de la grasa láctea de las razas según el estado lactacional siempre y cuando el manejo de la dieta se encuentre dentro de las recomendaciones de la alimentación para el ganado lechero en producción según la NRC (1989, 2001), ya que la nutrición y alimentación ejercen efectos variados sobre la producción, composición y trayectoria lactacional

Los factores de mayor influencia sobre la producción de leche han sido estratificados en: genéticos (Wilcox et a., 1978), ambientales (Jordan, 2003; West, 2004), reproductivos (Fricke, 1999, Nebel, 2006) y de salud y manejo (Morrow, 1980, Holy, 2008). Por ejemplo, la grasa láctea es influenciada por las características de la ración; incluyendo consumo de materia seca,

contenido de fibra, energía neta lactacional, proteína de la dieta, y en especial según el balance energético de la vaca y el estado de sus reservas corporales de acuerdo con el estado lactacional (McCallough, 1997, NRC, 1989, 2001) El contenido de fibra cruda en la dieta ha sido descrito como un factor de alta variación en el contenido de sólidos grasos en la leche desde que Conrad et al., (1971) y Chandler (1972, 1978) demostraron que había una relación inversa entre la producción de leche y el consumo de carbohidratos estructurales y entre el contenido de fibra de la dieta y el contenido de grasa en la leche

El balance energético negativo también ha sido descrito como ente de influencia negativa sobre el desarrollo de la producción de leche en vacas especializadas con alto potencial lechero Butler y Smith (1989) y Lucy (2003) han resumido en gran medida las repercusiones del balance energético negativo sobre la producción de leche No obstante, una de las mayores repercusiones negativas lo es la influencia del BEN sobre las funciones y procesos de la reproducción Entre los factores nutricionales mas limitante es la energía y por el balance energético negativo está asociado con limitaciones en el patrón de liberación de las gonadotropinas En consecuencia, los procesos derivados de las acciones de las hormonas FSH y LH son marginados, tal como ocurre con la falta de una ovulación, la baja síntesis de estrógenos y alteraciones en la luteinogénesis son algunas de las consecuencias ya identificadas, donde la hormona más afectada es la

liberación de LH y por ende el mantenimiento de bajos niveles circulantes (Boland and Lonergan, 2003)

Las condiciones del trópico implican diversos factores que afectan el desempeño lactacional los cuales actúan en la mayoría de la veces en forma interaccional, por lo cual, los efectos negativos son más profundos, reduciendo la eficiencia fisiológica y productiva. Es complejo indicar por separado la influencia negativa de cada uno de los factores con capacidad para alterar la capacidad funcional en la vaca lechera. Sin embargo, Araúz (2010) indica los principales factores de variación que pueden reducir el potencial lechero de la vaca, los cuales se describen en el cuadro V. Todas estas condiciones tienen repercusiones negativas sobre el desempeño funcional de la vaca lechera y al mismo tiempo constituyen factores limitantes de la eficiencia y de la productividad de la empresa lechera en general.

La habilidad lechera de la vaca es reducida por la influencia de factores que pertenecen al medio ambiente dado las condiciones del trópico; en particular durante la época seca cuando el estrés calórico suele implicar temperaturas diurnas que oscilan entre 30 y 38 °C, dependiendo de la altitud. Por otro lado, la condición forrajera y la dieta poseen limitaciones en su aporte de materia seca, energía neta y proteína; las cuales en su conjunto no favorecen potenciales lecheros superiores a los 20 kg/día, comprometiendo la persistencia láctea de las vacas superiores genéticamente.

Cuadro VII: Principales Factores Limitantes de la Capacidad Funcional en Producción y Reproducción de la Vaca lechera que Reducen la productividad.

Factores Limitantes de la vaca lechera en producción	Detalles
Bajo Contenido Energético del Pasto verde (Mcal/kg)	0 20 - 0 30
Bajo Consumo de materia seca y alta humedad (% pv)	1 85 - 2 50
Bajo contenido de Fibra Cruda en la dieta (%)	10 - 12
Alta dependencia en el Forraje verde exclusivo (%)	92 a 96
Bajo potencial energético de la dieta (kg leche/día)	16 - 24
Alta dependencia nutricional en alimentos concentrados (lb)	8 - 20
Alta relación de la materia seca de concentrados en la dieta (%)	45 - 55
Baja proporción de la materia seca de los forrajes en la dieta (%)	55 a 45
Baja disponibilidad de agua en el área de pastoreo	Frecuente
Baja condición corporal al parto y durante la fase de producción	< 3 25, <2 75
La Época anual y la disponibilidad de forraje verde (% p v)	3.0 - 6 0
La Época Anual y el estrés calórico diario (°C)	30 - 38
La Mastitis Subclínica y Clínica (2 - 6%)	20 - 40
Los partos problemáticos y desórdenes durante el puerperio	Frecuentes
Las parasitosis externas e internas	Frecuentes
Los desórdenes reproductivos después del parto	Frecuentes
El anestro postparto prolongado (días)	110 - 160
Las enfermedades metabólicas (hipocalcemia, anemia, etc)	Frecuentes
Enfermedades Virales (Estomatitis, Leucosis, Papilomatosis)	Frecuentes
Enfermedades Pódales durante la lactación	Frecuentes
Mortalidad Embrionaria y Baja Fertilidad	Frecuentes
Pérdida de uno o mas cuartos mamarios	Frecuentes
Debilidades anatómicas y estructurales en las patas y pezuñas	Frecuentes
Locomoción (+ 1 5 km/día) y Disipación Calórica (+ 10 a + 30%)	Costo Energético
Influencia genética de otras razas con aptitud para carne	Frecuente
Retraso en el desarrollo y la habilitación reproductiva	Frecuente
Edad avanzada de las vacas (Partos)	8 - 12
Bajos índices de descarte anual por desempeño funcional (%)	2 - 6

Fuente Araúz, (2008, 2010)

Otros factores como la baja disponibilidad de forraje verde (3.0 a 6.5% del peso vivo) para las vacas en producción limita la capacidad funcional lechera ya que la vaca desarrolla una mayor locomoción y reduce la eficiencia en el uso de la energía neta para producción (Araúz, 1995). Adicionalmente, la disponibilidad de agua en las aéreas de pastoreo es otra limitante en los sistemas de producción lechera en pastoreo.

En nutrición y alimentación se destacan el bajo consumo de materia seca, de energía, proteína y carbohidratos estructurales, por lo cual se puede señalar que el potencial de las dietas para el soporte lactacional según su aporte de energía neta lactacional oscila entre 15 y 22 kg/vaca día. En consecuencia, en el momento de la curva lactacional donde la habilidad lechera es superior a los 24 kg/día, se produce un balance energético negativo que induce al uso marcado de las reservas corporales y a la vez limita el desempeño lactacional de alta genética (Fuentes, 2005; Araúz, 2008, 2010).

2.6.1. Efectos del estrés calórico sobre la producción de leche

Las condiciones del medio tropical conllevan el problema del estrés calórico, el cual se ha demostrado que repercute negativamente sobre la capacidad funcional de la vaca lechera (McDowell, 1981, Jordan, 2003, West, 2004), especialmente los perfiles de la reproducción y con repercusiones negativas

sobre la capacidad reproductiva, lactacional y productiva (Nebel, 1997; Fricke, 1999), en particular en las condiciones del trópico húmedo (Araúz, 1994).

El estrés calórico se relaciona con diversos ajustes y respuestas en la vaca lechera en lactación, los cuales conducen la reducción en la producción de leche. La misma se origina en la alteración metabólica y endocrina del animal, reducción de la conducta alimentaria, reducción en el consumo de materia seca y de nutrientes esenciales como energía, proteína, minerales y vitaminas, y en los casos severos o marcados en la reducción del consumo de agua. En el cuadro VIII se muestran los efectos cuantitativos de la Temperatura ambiental sobre la producción de leche, sobresaliendo que a partir de un ambiente con de 25°C, la producción láctea se reduce a una tasa de hasta 58.93% cuando el ambiente evidencia una entalpía positiva de hasta 40°C. Para el medio tropical, el ambiente oferta una temperatura entre 20 y 35 °C, en especial durante la época seca y durante el período diurno, por lo cual es de inferir que se presenta una reducción lactacional (Ver cuadro VIII) que no es de naturaleza nutricional directa, sino por la influencia negativa del medio ambiente (Araúz, 2003)

Los cambios en la producción de leche a medida que la temperatura ambiental supera los 20°C se hacen más notable y con ello se reduce la capacidad lactacional como producto de todos los mecanismos para manejar la alteración

térmica corporal. No obstante, parte de los mecanismos de ajuste homeorrética auxiliares y homeostáticos incluyen la disminución en el consumo de materia seca por el incremento en la densidad calórica corporal cuando se define el estado hipertérmico (Araúz, 2010) y por otro lado al modificarse la conducta alimentaria y reducirse el centro del hambre en la región hipotalámica se reduce la carga digestiva contribuyendo con la reducción en la cantidad de calor fermentativo y digestivo para facilitar la tendencia de un menor balance hipertérmico (Curtis, 1981)

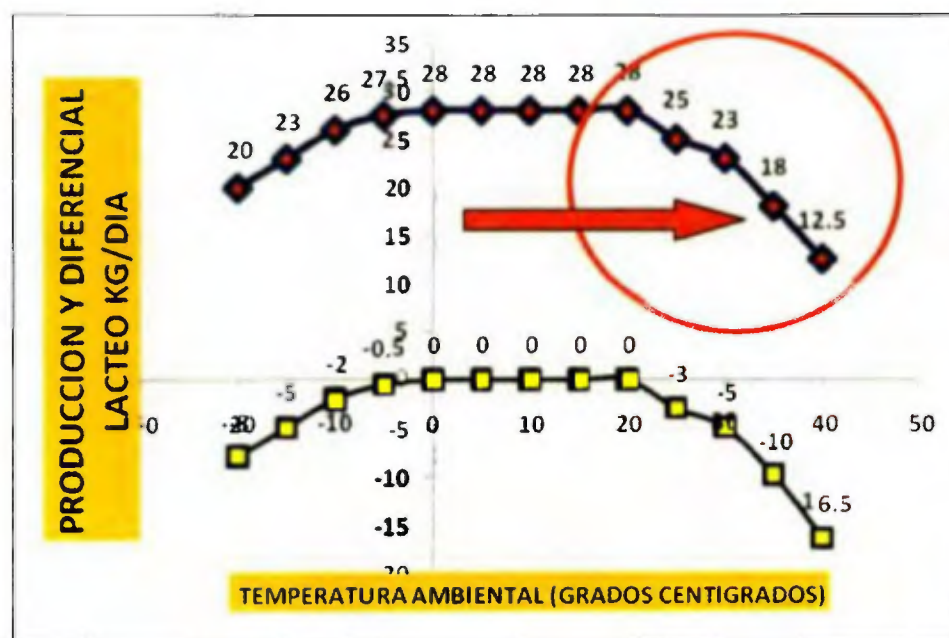
Cuadro VIII. Efecto de la Temperatura Ambiental sobre la Producción de Leche y sus Implicaciones Productivas Directas.

Temperatura Ambiental °C	Producción de Leche kg/día	Diferencial de Producción kg/día	Diferencial Relativo %
- 20	20 0	- 8.0	-28 57
- 15	23 0	- 5.0	- 17 86
- 10	26 0	- 2 0	- 7 14
- 5	27 5	- 0 5	- 1 79
0	28.0	0 0	0 0
5	28 0	0.0	0.0
10	28 0	0 0	0 0
15	28 0	0 0	0 0
20	28 0	0 0	0 0
25	25.0	- 3.0	- 10.71
30	23 0	- 5.0	-17 86
35	18 0	- 10 0	- 35 71
40	12 5	- 16.5	-58 93

Fuente McDowell, 1981 y National Research Council (1989, 2001)

Esta tendencia a reducir la producción de leche a partir del aumento de la temperatura ambiental se muestra en la gráfica VIII y ello obedece a un conjunto de ajustes relacionados con el manejo de la hipertermia, reducción de la ingesta de alimentos y supresión del flujo sanguíneo mamario (Head, 1986).

Grafica VIII: Trayectoria de la producción de leche y del diferencial lácteo según la temperatura ambiental de bulbo seco



Los efectos de la temperatura ambiental inciden dependiendo de la condición genética o racial, tal como demostró Johnson y Ragsdale (1950) indicando que la raza Holstein es la más afectada, pero al mismo tiempo evidenciando que aun el cebú sufre una reducción en su capacidad lactacional (Ver cuadro IX). Cuando la temperatura ambiental osciló entre 10 y 40°C, la raza Pardo Suiza sufre una reducción en la producción láctea desde 20 a 6 kg/día; la raza

Jersey desde 14 hasta 40 kg/día, la Holstein de 20 a 5 kg/día y el Cebú desde 35 a 25 kg/día. En el medio tropical como en Panamá se encontró que la modificación del entorno microambiental desde la zona de una altitud de 950 msnm hasta 75 msnm, la raza Holstein sufrió una reducción lactacional de alrededor del 30% en su rendimiento lactacional ajustado a 305 días en la tercera lactación y donde la temperatura ambiental presentó entre 9 y 12°C por encima de la zona microambiental de referencia para la producción láctea de bienestar micro ambiental (Fuentes et al , 2003) Otros estudios en ganado lechero cruzado en Panamá indican que el estrés calórico micro ambiental puede efectuar una merma de hasta el 21.59% en un período de corto plazo, aun en animales con grado de aclimatación y con influencia cebuina de hasta 2/8 respectivamente (Araúz, 2006)

Cuadro IX: Influencia de la temperatura ambiental sobre la producción de Leche según la condición racial y el potencial lechero

Temperatura Ambiental °C	Pardo Suiza (kg/día)	Jersey (kg/día)	Holstein (Kg/Día)	Cebú (Kg/Día)
10	20.0	14.0	20.0	3.5
20	19.0	12.5	18.0	4.0
30	17.5	10.0	15.0	3.5
40	6.0	4.0	5.0	2.5
Δ 40 - 20 °C	- 13 kg	- 8.5 kg	- 13 kg	- 1.5 kg
+ 20 °C	-68.42%	-68.00%	- 72.22%	- 42.85%
- kgL/°C	- 0.65	- 0.425	- 0.65	- 0.075

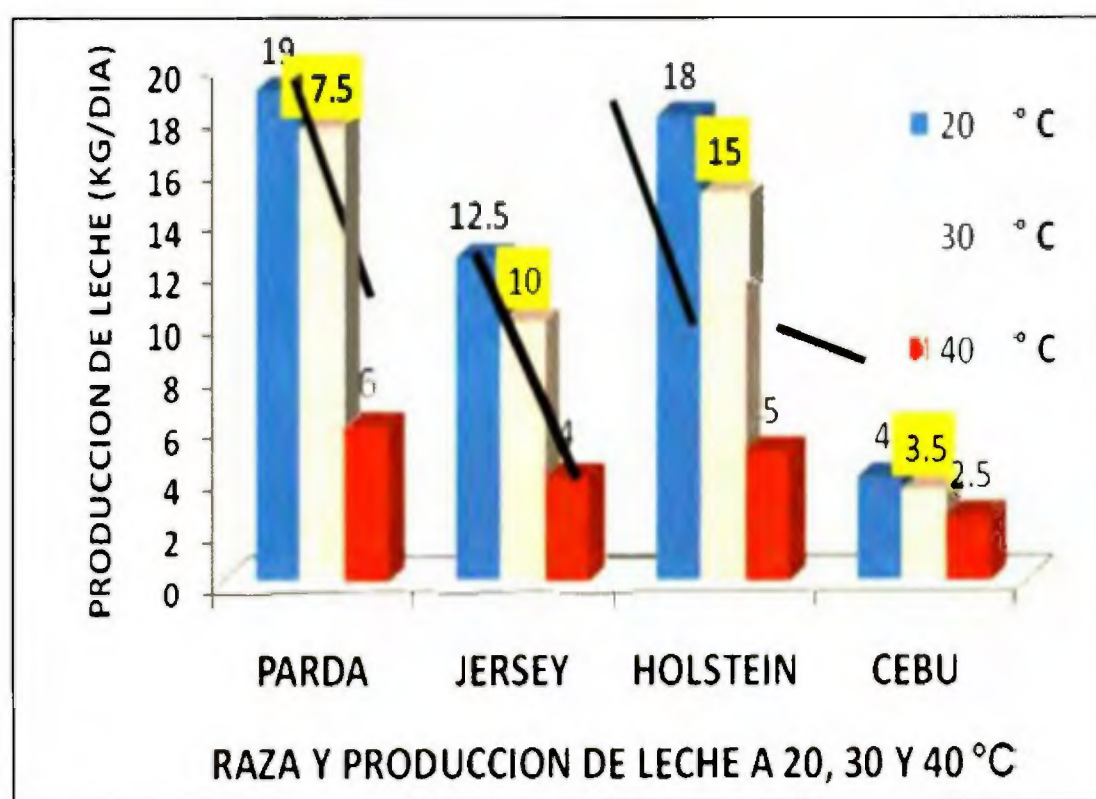
Fuente Modificado por Araúz (2011) según datos de Johnson y Ragsdale, 1950

Es evidente que los efectos de la temperatura ambiental sobre la producción de leche en el medio tropical dependerán de la naturaleza genética de los animales, de la altitud, de la época anual, del estado lactacional y del potencial lechero de los animales, así como de la severidad del microambiente en el marco del estrés térmico. Existe una variación apreciable en la temperatura ambiental mínima y máxima según la altitud. Desde luego, otras condiciones como la naturaleza de la sombra, las distancias a recorrer y el manejo alimentario influirán para determinar el efecto combinado y específico del grado de estrés calórico generado en la época seca e incluso en la época lluviosa (Araúz, 2003).

El grado de influencia del medio ambiente térmico cambia con la naturaleza genética del ganado lechero, especialmente por sus diferencias en las características que determinan la tolerancia y sensibilidad al estrés calórico en conjunto interactiva con la potencialidad para producir leche (McDowell, 1981; Arauz, 2009, 2010). En la gráfica IX se ilustran como cambia en forma general la producción de leche en las razas Pardo Suizo, Jersey, Holstein y Cebú conforme aumenta la temperatura ambiental a partir de los 20°C, en la cual podemos ver que la línea negra muestra la tendencia en el cambio de la producción y con ello se nota que la raza Holstein y Pardo Suizo tienen la mayor gradiente; mientras que la raza Jersey es moderada en su cambio y el menor cambio en la gradiente lactacional la presenta los animales cebuínos (Araúz, 2011). La sensibilidad calórica es crítica para determinar el ajuste

lactacional y obedece a las razas y a su potencial lechero tal como demostrado en un estudio sobre la alteración de la carga calórica durante la fase diurna en la época seca en el medio tropical húmedo (Araúz et al., 2010).

Gráfica IX: Proyección de la producción de leche a las temperaturas de 20, 30 y 40°C en las razas Pardo Suizo, Jersey, Holstein y Cebú con la tendencia genérica de la decadencia biolactacional momentum



Fuente: Adaptado por Araúz (2011).

En la proyección de los datos de producción según las temperaturas de 20, 30 y 40°C se observa que la regresión genérica de mayor a menor fue para las

razas Holstein -0.72, Pardo Suizo – 0.68, Jersey – 0.68 y en la Cebú – 0.375 respectivamente. En términos de sensibilidad calórica esto indica que las vacas cebuinas fueron las menos sensibles y más resistentes a la influencia negativa del estrés calórico, mientras que la raza Holstein fue la de mayor sensibilidad calórica en función del grado de modificación de la producción de leche diaria a partir de las condiciones normotérmicas por la condición termo neutral ambiental. Las razas Pardo Suizo y Jersey fueron moderadas en la sensibilidad al estrés calórico ambiental, sin embargo, también sufrieron una reducción en la capacidad lactacional (Araúz, 2011)

2.7. Factores que afectan el desempeño reproductivo en la vaca en Producción

La consideración de la vaca lechera en términos funcionales en Panamá amerita como requisito contemplar los principales factores que reducen su habilidad reproductiva, ya que para evaluar el desempeño funcional en términos de la producción, reproducción, salud y longevidad se precisa tener condiciones ideales; incluyendo microambiente, alimentación, atención y cuidado de la salud, así como un buen manejo para garantizar las condiciones ideales para el desarrollo del potencial lechero total o comportamiento fenotípico total (McDowell, 1981; Araúz, 2007)

2.7.1. Factores nutricionales que afectan la reproducción durante la Lactación

El concepto de las principales necesidades nutricionales de la vaca lechera durante la lactación han sido comprobados y a la vez detalladas tomando en cuenta diversos factores tales como peso corporal, producción de leche, el contenido de grasa láctea, actividad locomotora y condiciones microclimáticas (McDowell, 1981, ARC, 1988; NRC, 1989, 2002) Las principales cantidades de nutrientes que se requieren de manera integral para cumplir con las exigencias para el mantenimiento corporal y la producción de leche ajustadas por su contenido de grasa láctea constituyen en conjunto un buen ejemplo de los factores limitantes de la producción de leche (Araúz, 1999)

Los análisis que relacionan la producción de leche con la biología reproductiva y la eficiencia en la vaca lechera sustentan que el desempeño lactacional ha incrementado sustancialmente en los últimos cuarenta años (Visser y Wilson, 2006); sin embargo, la reproducción ha sufrido una reducción en términos de la eficiencia relativa (Butler y Smith, 1989, Eicker et al , 1995, Norman, 2006). Por ejemplo, la producción de leche proyectada a 305 días para la raza Holstein era de 6,100 kg con una tasa de concepción de 55% en 1978; no obstante para el 2006, la producción de leche cambio para hatos elites en 11680 kg en 305 días con una tasa de concepción de 28%; mientras que para los hatos comerciales se estimo en 9,450 kg con una tasa de concepción de

38% (Visser y Wilson, 2006). Igualmente, en el mismo lapso de tiempo el periodo abierto en vacas lecheras Holstein ha tenido un incremento de 40 días aproximadamente (Norman, 2006)

Lo más probable es que se haya forzado una correlación genética entre producción y fertilidad en USA, y en aquellos países que utilicen genética de este país, al seleccionar para mayor producción al tiempo que se ignora la fertilidad y el desempeño reproductivo. De hecho como las vacas con más días abiertos daban mas leche que las vacas que concebían inmediatamente, inadvertidamente seleccionábamos para mas días abiertos al tiempo que buscábamos mayores producciones de leche (Cassell, 2010)

Los avances en producción lechera han continuado de la mano con el mejoramiento del manejo; en especial en la alimentación de conformidad con los requerimientos nutricionales para el mantenimiento y la producción de leche (NRC, 1989, 2002). No obstante, el aumento de la capacidad para producir leche también indica que el micro ambiente ha ganado relevancia cuando las condiciones ambientales no son favorables (McDowell, 1981, Araúz, 2006). El punto crítico es que el componente nutricional modula la reproducción y la producción de leche como describe Lucy (2003), en especial dentro el periodo del mayor balance energético negativo (Butler y Smith, 1989), el cual coincide con el periodo lactacional en que mayor es la producción de leche con un paralelismo metabólico que incluye la mayor necesidad de nutrientes para

mantenimiento y los ajustes, tales como crecimiento, locomoción, disipación calórica y producción propiamente (NRC, 2001).

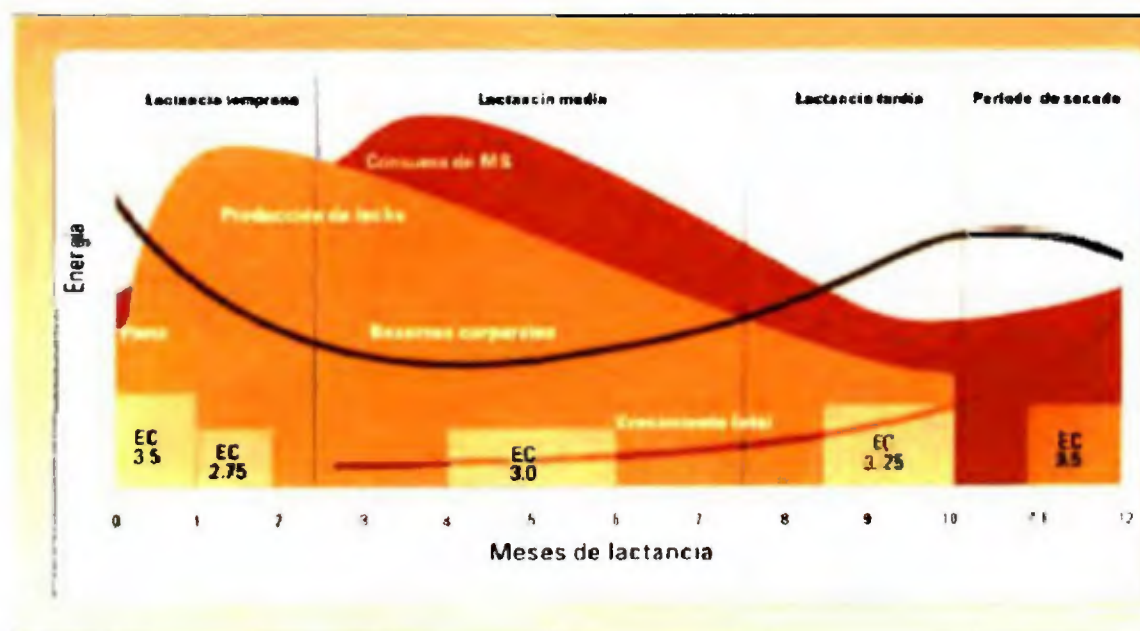
2.7.1.1 Energía

Una de las causas más comunes de la baja fertilidad en las vacas lecheras es la deficiencia de energía en relación con las necesidades del animal, especialmente durante el balance de energía negativo (Butler y Smith, 1989; Wattiaux, 1999). Al inicio de la lactación las vacas no consumen la misma cantidad de alimento que consumen entre el 2^{do} y 3^{ro} mes después del parto, aun cuando el nivel de producción de leche sea el mismo. Por otro lado, se puede observar que el consumo máximo de alimento se alcanza de dos a cuatro semanas posteriores al pico de producción de leche, lo que resulta en un balance energético negativo, provocando la movilización de reservas corporales para compensar el déficit de energía y resultando en una mayor pérdida de peso como se ilustra en la Figura 5 (Harris, 1990).

Staples et al., (1989) indican que dos factores primarios pueden incidir en los días que transcurren entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica, siendo los metabólicos (movilización de tejido corporal, ingestión de materia seca y balance energético) y la cantidad de leche producida. Aunado a ello, se debe considerar el efecto del estrés calórico que actúa reduciendo el comportamiento fisiológico y la eficiencia para la producción de leche y

afectando los procesos glandulares y citológicos de índole reproductiva después del parto (Araúz, 1999; Jordan, 2003; West, 2004).

Figura 5. Comportamiento de la producción de leche, consumo de materia seca, reservas corporales y crecimiento fetal en vacas lecheras a través de la lactancia



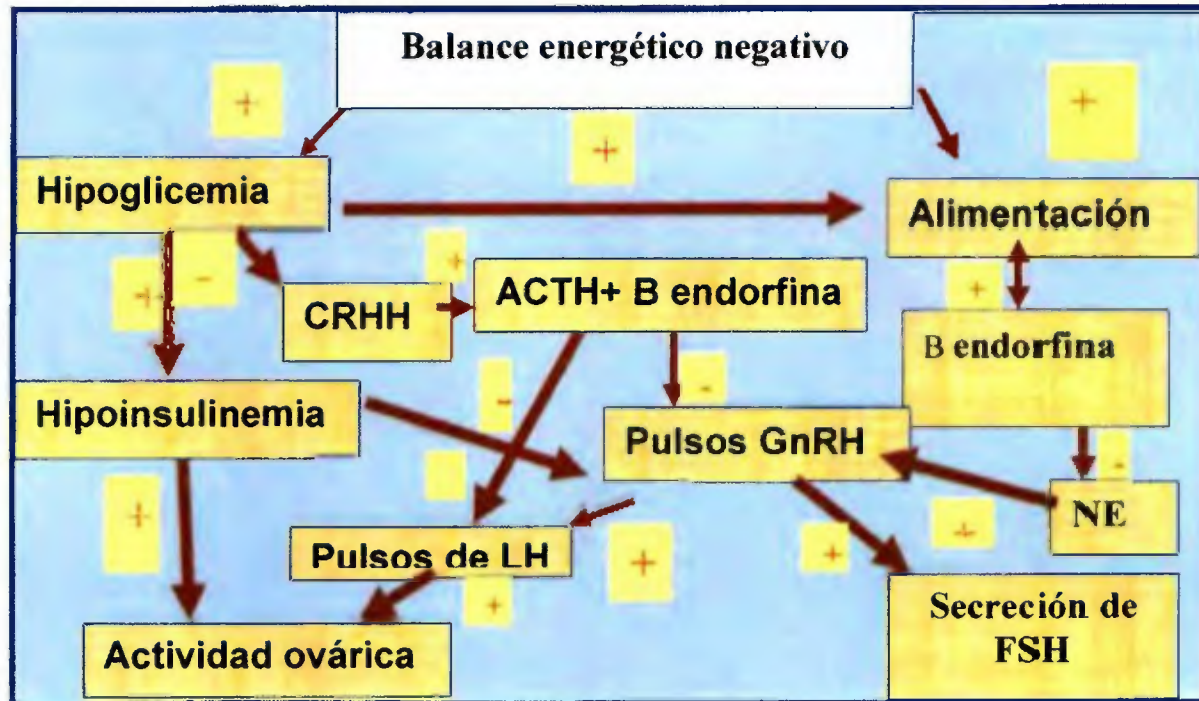
Fuente: Harris, 1990

Las investigaciones indican que cuanto más grande sea el balance energético negativo, mayor será el intervalo hasta la primera ovulación y mayor será la incidencia de celos silenciosos. No existe evidencia de que vacas de alta producción tienen de por sí baja capacidad reproductiva (Butler y Smith, 1989; NRC, 2001). El nivel de condición corporal en el posparto está relacionado con la severidad y la magnitud del balance de energía negativo. Las vacas que pierden más de 0.5 puntos de su condición corporal, durante el periodo posparto han sido reportadas como un factor que compromete el

comportamiento reproductivo (Domeck et al , 1997) Adicionalmente, el porcentaje de preñez al primer servicio es menor en vacas con una condición corporal < 2.5 durante los primeros 100 días posparto (Pursley et al , 1997; García- Bojalil et al , 1998) Vacas que presentan una sobre condición corporal al momento del parto son también candidatas para perder de manera excesiva la condición corporal en el posparto ya que son incapaces de incrementar rápidamente el consumo de materia seca en el posparto (Risco, 2000, Heinrichs y Ishler, 2004) El mismo autor señala que estas vacas con sobre condición corporal necesitan 2 semanas más para alcanzar un nivel de energía positivo en comparación con las vacas alimentadas correctamente

La baja ingestión de energía en el posparto, causada por una baja ingestión de materia seca en relación a las necesidades del animal, conlleva a que dicho balance energético negativo produzca un decrecimiento o ausencia de los pulsos de LH, lo cual resulta en una limitante para el restablecimiento de la ciclicidad folicular ovárica en el periodo posparto La hipoglucemia e hipoinsulinémica producen un efecto negativo en la pulsatividad de GnRH; así como también en la liberación de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH), que a su vez produce B- endorfina que inhibe los pulsos de GnRH (Butler y Smith, 1989, Canfield et al , 1989, Lucy et al., 1992) La disminución de las secreciones de FSH y LH es causada por un decrecimiento en la sensibilidad de la pituitaria a la GnRH (Swanson, 1989) (Ver esquema V)

Esquema V: Efecto del balance energético negativo sobre la actividad ovárica



Fuente: (Butler y Smith, 1989).

Durante los primeros seis meses de la gestación, las necesidades energéticas por encima del mantenimiento son pequeñas. Sin embargo el feto, las membranas fetales, los líquidos y el tamaño del útero crecen a un ritmo exponencial durante la gestación por lo que se produce un aumento progresivo en las necesidades energéticas, proteicas y minerales (Miller, 1989).

La influencia de los factores antes mencionados, se ve ampliada por los factores nutricionales con efectos negativos sobre la eficiencia reproductiva, Finalmente, es preciso recalcar que la eficiencia lactacional y reproductiva se

ve afectada por la genética (Wilcox et al., 1978), medio ambiente (Jordan, 2003; West, 2004), salud (Leach y Allrich, 1996), manejo, el potencial lechero, edad y la capacidad biolactacional (Bauman y Currie, 1980; Larson, 1985; Butler, 1999).

Las necesidades energéticas durante las últimas semanas de la gestación están definidas (Butler y Smith, 1989, NRC 1989, 2002) Dependiendo del tamaño de la vaca se precisarían 3.0 a 6.0 Mcal de energía neta por día sobre el manteniendo para el último tercio de la gestación para cubrir las mayores necesidades energética de la vaca y para el desarrollo del ternero, ya que de esta manera obtenemos un peso adecuado y desarrollo del ternero (Miller, 1989), y se garantiza la condición corporal para la próxima fase de producción (Araúz, 1999)

2.7.1.1.1 Efecto de la deficiencia de energía sobre la reproducción

La subalimentación energética prolongada da lugar a un retraso en la cubrición por estar insuficientemente desarrolladas las novillas, con el consiguiente retraso al primer parto. La mayor parte de los efectos negativos de la alimentación deficiente en energía antes del primer parto pueden compensarse con una alimentación adecuada después del mismo (Swanson y Hinton, 1964)

En las vacas lecheras, el efecto inmediato de la ingestión insuficiente de energía es el descenso en la producción de leche que va acompañada de una pérdida de peso. La subalimentación de la vaca al comienzo de la lactancia da lugar a que se reduzca la producción de leche (Miller, 1989). El balance energético negativo tiene influencia en el estado endocrino del animal que a su vez regula la función ovárica (Curtis y Cole, 1985). El ganado lechero debe de regresar a un balance positivo de energía entre las 6^{ta} y 8^{va} semanas después del parto, no obstante la vaca no debe volver a concebir hasta después de los 60 días posparto (Grummer, 1993).

Según Butler (1992), el desarrollo de los folículos se puede afectar por el medio ambiente metabólico adverso, asociado con un balance energético negativo que eventualmente va a producir óvulos que son menos fértiles y cuerpos lúteos con menor potencial biosecretor de progesterona. El balance energético, particularmente durante las tres primeras semanas posparto ha estado correlacionado negativamente con el intervalo a la primera ovulación (Staples y Cole, 1990).

2.7.1.1.2 Efectos del balance energético negativo sobre la dinámica folicular

En varios estudios se ha reconocido la importancia del balance energético sobre la reanudación del ciclo ovárico postparto en vacas lecheras de alta

producción, principalmente por efectos adversos en la producción o liberación de hormonas (García-Bojalil, 1988; Butler y Smith, 1989; Lucy et al , 1991, Staples et al., 1998, Gwazdauskas et al , 2000)

Las vacas lecheras desarrollan un balance energético negativo (**BEN**) durante la lactancia temprana debido a que la máxima producción se alcanza antes del desarrollo de la máxima capacidad de consumo. El pico de producción se alcanza varias semanas antes que el pico de consumo y como resultado se produce un BEN que persiste entre la 4^{ta} 12^{va} semanas (Senatore, 1996). Esta situación conduce a la respuesta compensatoria conocida como homeorrhesis, la cual incluye el incremento de la lipólisis, glucogénesis, gluconeogénesis y la movilización ósea de los minerales. Cerca de 50 días postparto las vacas adquieren la máxima capacidad de consumo de alimento, tienden a incrementar el consumo de energía y entran en un balance energético positivo (Lucy et al , 1991). El tiempo transcurrido entre el parto y el restablecimiento del balance energético positivo se afecta por la cantidad de reservas de tejido graso y la eficiencia con la cual se movilizan. Consecuentemente las vacas con mejor condición corporal reanudan más temprano el ciclo estral postparto (Butler y Smith, 1989).

El tiempo y la magnitud del balance energético pueden ser reguladores importantes de la reanudación del ciclo estral postparto. Bean y Butler (1997) encontraron una correlación positiva entre el número de días desde el parto a

la primera ovulación y los días que se demoran las vacas para alcanzar el nadir del balance energético y mostraron que mientras más corto sea el nadir, más temprano ocurrirá la primera ovulación. La transición entre el uso de reservas corporales y su depósito en el organismo animal se cree que es causada por cambios en la habilidad de los tejidos para responder a la insulina y a otras hormonas (Henaó, 2001).

Durante la lactancia la función mamaria tiene prioridad metabólica sobre la función ovárica, sin embargo, el comienzo de la actividad cíclica ovárica ocurre mientras las vacas están en BEN. Durante el período de déficit energético el eje hipotálamo-hipófisis-ovarios se recupera de la influencia progesterónica de la gestación anterior y desarrolla los cambios activos que conducen a la reanudación de los ciclos estrales (Nett, 1987). Los ovarios de las vacas inician la formación de ondas foliculares a partir de la primera o segunda semanas postparto y aún con déficit energético no parecen presentar deficiencias de FSH (Henaó et al 2001). Durante las primeras semanas postparto la mayoría de las vacas incrementan paulatinamente la síntesis y liberación de LH en forma de pulsos. La habilidad de un animal para sostener una liberación de LH en forma de pulsos de alta frecuencia está relacionada con el estado metabólico (Schillo, 1992).

Algunas vacas producen liberación de un pico preovulatorio de LH durante el primer mes y pueden manifestar estro. Los intervalos prolongados entre el

parto y la primera ovulación se han asociado con alta producción y con un BEN pronunciado (Lucy et al , 1991; Senatore et la , 1996) Un balance energético extremadamente negativo disminuye la frecuencia de liberación de pulsos de LH, disminuye el diámetro de los folículos dominantes y retarda la ovulación Estas condiciones están asociadas directamente con el estado de anestro postparto prolongado (Bean y Butler, 1997)

En un estudio realizado por Lucy et al (1991), las vacas que consumieron dietas con un mejor balance energético basadas en jabones de calcio de ácidos grasos de cadena larga (Ca-LCFA) durante los primeros 25 días postparto desarrollaron folículos dominantes con un mayor diámetro y presentaron menor período de anestro El incremento del diámetro folicular y la disminución del período entre el parto y la primera ovulación también fue evaluado en un segundo experimento, en el cual las vacas consumieron dietas con 2.2% de Ca-LCFA en la materia seca. Las vacas que consumieron una dieta con igual balance energético pero basado en fuentes diferentes a Ca-LCFA desarrollaron folículos dominantes de menor diámetro y retardaron el tiempo a la ovulación (Lucy et al , 1993).

Estos hallazgos sugieren que hay un efecto directo de la grasa, independiente del balance energético, sobre el desarrollo folicular y la ovulación, pero es poco probable que la grasa por sí misma regule la secreción hipotalámica de GnRH

y quizás esta liberación esté mediada por metabolitos y hormonas que reflejan el estado nutricional (Schillo, 1992).

Staples et al. (1998) ha sugerido varias hipótesis para explicar el mecanismo a través del cual las grasas de la dieta mejoran la eficiencia reproductiva. Primeramente, el mejoramiento del balance energético conduce al retorno temprano al estró y por eso se mejora la fertilidad; segundo un incremento en la esteroidogénesis favorece la fertilidad, tercero el estímulo de los folículos ováricos vía insulina y cuarto, la estimulación o inhibición de la liberación de prostaglandinas, ejerce una influencia directa sobre la persistencia del cuerpo lúteo. Con respecto a la primera hipótesis, se puede afirmar que no siempre que se aumenta la disponibilidad de grasas en la dieta se mejora el balance energético debido a una disminución del consumo voluntario ocasionado por la secreción de colecistoquinina (Choi et al , 1996) y a un mayor gasto energético ocasionado por una mayor secreción láctea cuando se administran dietas con grasas (Romo et al , 1996)

Con respecto a un mejoramiento de la esteroidogénesis, se ha demostrado que el consumo de grasas aumenta los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL), que son precursores de la síntesis de colesterol y este, de los esteroides gonadales. La suplementación de la dieta con grasas induce la síntesis de mayores cantidades de progesterona y mejora la tasa de concepción al primer servicio (Staples et al., 1998)

La tercera hipótesis se basa en el efecto estimulador de la insulina sobre el crecimiento de los folículos ováricos. La secreción de insulina puede aumentar, disminuir o no cambiar cuando se administran dietas ricas en grasa. No existe una respuesta homogénea de la secreción de insulina al estímulo de una dieta rica en grasas (Staples et al., 1998)

La insulina es una hormona, que además de mantener la glucemia, estimula la secreción de FSH (Adashi et al., 1981), incentiva la secreción pulsátil de LH (Bucholtz et al., 2000) y aumenta la secreción de progesterona por parte del cuerpo lúteo (Ladenheim et al., 1984). En tanto, niveles bajos de insulina en sangre pueden resultar en bajas concentraciones de progesterona. Las implicaciones de estos efectos son negativas sobre el normal funcionamiento del ovario y el desarrollo de los procesos tales como: foliculogénesis, esteroidogénesis, ovulación y luteinización.

Con respecto a la hipótesis cuarta; Staples et al. (1998) afirman que las prostaglandinas juegan un papel importante en la fisiología y el metabolismo de los mamíferos. Las prostaglandinas tienen una función importante en la fertilidad tanto después del parto, para favorecer la involución uterina, como durante el ciclo estral, regulando la vida media del cuerpo lúteo. Los ácidos grasos son precursores de la síntesis de prostaglandinas y las dietas ricas en grasas son una excelente fuente de estos precursores, sin embargo, las dietas altas en ácidos grasos poli insaturados inhiben la síntesis de prostaglandinas y

producen un cuerpo lúteo de mayor vida media. La inclusión de ácidos grasos poli insaturados en la dieta puede mejorar la tasa de concepción. La factibilidad de las anteriores hipótesis, puede verse potenciada por otros mecanismos por la cual las grasas a través de las leptinas pueden mejorar el comportamiento reproductivo postparto. Las leptinas (del griego leptos = delgado) son hormonas producidas por los adipocitos, que juegan un papel importante como señal neuroendocrina de la reproducción y controlan el consumo y el metabolismo energético (Ramsay, 2001, Auwerx and Stael, 1998)

Una de las funciones de la leptina es mantener un balance energético adecuado, y por ello si su secreción aumenta (debido a un exceso de energía o excesivo contenido graso en el animal); la leptina disminuye la ingestión mediante la inhibición de la secreción de neuropeptido Y (potente estimulador de la ingestión) por parte del hipotálamo (Friedman y Halas, 1998). La leptina participa en la regulación de la reproducción mediante la modulación de la cantidad de los aportes energéticos presentes en las reservas corporales que se dirigen hacia las funciones reproductivas (Hoggard et al., 1998) y a través de la estimulación de la secreción de GnRH a nivel hipotalámico. En los rumiantes, la secreción de leptina está correlacionada con los niveles de IGF-I (Houseknecht et al., 1998), siendo esta hormona uno de los indicadores más claros del balance energético del animal. Al ser una hormona secretada por el tejido adiposo, la concentración de leptina en sangre es mayor cuanto mayor

sea la proporción de grasa corporal, tanto en vacas (Ji et al , 1997, Chilliard et al , 1998), como en ovejas (Kumar et al , 1998) Cassady (2000), demostró que cuando el contenido de grasa corporal del vacuno desciende por debajo del 12.1%, la actividad reproductiva cesa. Esta observación confirma la importancia de la leptina en la regulación de la reproducción.

De igual manera, (Houseknecht et al , 1998) demostraron que la leptina participa en el establecimiento de la pubertad. Por lo tanto, es muy importante que se apliquen programas nutricionales que aseguren que los niveles de grasa corporal durante el parto no sean elevados (pues deprimirán la ingestión) ni demasiados bajos (no se secretara suficiente leptina para permitir una buena función reproductiva).

2.7.1.1.2 Efectos del balance energético sobre la actividad hormonal

El estradiol folicular es la principal hormona estimulante del comportamiento estral en las vacas. Después del parto los niveles de estradiol disminuyen dramáticamente, pero con el reclutamiento de la primera onda de folículos (primera o segunda semana postparto) se reanuda la síntesis de estradiol folicular.

Las pequeñas cantidades de estradiol producidas por los folículos de las primeras ondas foliculares postparto tienen un efecto de recuperación de la sensibilidad hipotalámica a este esteroide, la cual se pierde durante la

gestación a causa de los niveles sobre aumentados de estradiol placentario (Nett, 1987).

La dinámica folicular se altera con el BEN de la lactancia. El número de folículos grandes y la concentración de estradiol durante el periodo de anestro son menores en vacas alimentadas con dietas deficientes en energía que en las que reciben alimento balanceado (Gwazdauskas et al , 2000, Lucy et al , 1992). En las vacas subnutridas el nivel de estradiol producido por los folículos de cada onda folicular es menor que el de las vacas que reciben dietas balanceadas. El factor de crecimiento insulinoide tipo I (IGF-I) es una hormona folicular que estimula los receptores de FSH en las células de la granulosa para aumentar la síntesis de estradiol y contribuir con el proceso de selección folicular (McGee y Hsueh, 2000). Su concentración se incrementa con el crecimiento folicular (Henaó y Trujillo 2000), sus niveles se encuentran disminuidos en vacas subnutridas, contribuyendo a una menor síntesis de estradiol folicular y a la prolongación del tiempo parto a primera ovulación (Spicer et al., 1990).

Durante el período de BEN puede ocurrir la primera ovulación postparto, seguida de formación de un cuerpo lúteo. Los niveles de progesterona sérica después de la ovulación son indicadores de la funcionalidad del cuerpo lúteo. Los niveles bajos de progesterona producen un soporte uterino deficiente que causa un decrecimiento en la tasa de preñez (Nebel y McGilliard, 1993). El

primer cuerpo lúteo postparto alcanza un diámetro menor, tiene menor vida media que los cuerpo lúteo subsecuentes y produce niveles subnormales de progesterona (Henao et al 2000)

Esto también sucede en las vacas que reciben un plan nutricional alto, pero después de la segunda ovulación estas alcanzan niveles normales de progesterona; mientras que las vacas con un plan nutricional deficiente en energía, después de la segunda ovulación continúan desarrollando un cuerpo lúteo de menor diámetro que sigue produciendo niveles bajos de progesterona (Villa-Godoy et al , 1988; Senatore et al., 1996)

2.7.1.2 Proteína

Se ha señalado que los excesos de proteína son más perjudiciales que las deficiencias, aunque la deficiencia es negativa ya que afecta la síntesis de hormonas proteicas y enzimas (Ferguson y Chalupa, 1989). Generalmente, las raciones altas en proteínas mejoran la palatabilidad y promueven un incremento en la ingestión de alimento, especialmente durante el pico de lactancia que coincide simultáneamente con la época de concepción. El efecto de este exceso de proteína en la fertilidad se observa en las hormonas reproductivas (Swanson, 1989). Los niveles de progesterona son bajos cuando la sangre posee altos niveles de urea (Wattiaux, 1999). La proteína puede afectar la reproducción a través de los efectos tóxicos de la amonía y

sus metabolitos sobre los gametos y embriones tempranos, con deficiencia de aminoácidos, por exacerbaciones de equilibrio negativo de la energía y por alteraciones en el eje hipotalámico- hipofisario- ovárico (Ferguson y Chalupa, 1989)

La producción de amoniaco proveniente de la proteína degradable en rumen, en cantidades que exceden la capacidad del organismo para desintoxicarse o para convertir amonio en urea, afecta negativamente los procesos de reproducción. Debido a que la síntesis de urea y el proceso de gluconeogénesis están funcionando casi a su máxima capacidad al pico de la lactancia, aquellas vacas que reciben un exceso de proteína en la dieta necesitan utilizar una cantidad extra de energía para la conversión de amonio a urea, creándose una reducción en la energía disponible (Harris, 1990) La cantidad de urea en sangre es influenciada por múltiples factores entre los que sobresalen: la ingestión de proteína cruda, degradabilidad de la proteína a nivel de rumen ingesta de nitrógeno no proteico, ingesta de energía, tiempo de muestreo pos alimentación (Ferguson y Chalupa, 1989) No toda la amonia absorbida por el tracto digestivo es metabolizada a urea en el cuerpo, ya que la capacidad máxima del hígado para transformar amonia a urea es de 2 mmol/min por kg de hígado (Ferguson and Chalupa, 1989). El mismo autor señala que la incidencia de metritis, ovarios quísticos, días a la primera ovulación y presentación de estro aumenta con dietas que contienen excesos de proteína degradable

El incremento del potencial genético para producir leche se ha asociado con una disminución en la fertilidad. Para llenar los requerimientos nutricionales durante la lactación, las dietas de las vacas lecheras son complementadas con alimentos concentrados cuyo contenido proteico es alto, llegando a consumirlas en exceso

En muchas ocasiones las dietas altas en proteínas estimulan la producción de leche en la lactancia temprana (Butler, 1997) El consumo de proteína por encima de las necesidades para la producción genera un efecto negativo sobre el comportamiento reproductivo de vacas lecheras (Canfield et al., 1990). Un mecanismo por el cual el exceso de proteína en la dieta afecta negativamente el comportamiento reproductivo es por el incremento del gasto energético para desintoxicar al hígado del exceso de amonía (Staples et al., 1998)

García-Bojalil et al (1998) alimentaron vacas Holstein con dietas altas (15.7%) o bajas (11.1%) en proteína y encontraron en las primeras un menor número de folículos en las ondas foliculares, un menor diámetro del folículo dominante, un mayor período parto a primera ovulación y un cuerpo lúteo de menor volumen productor de menor cantidad de progesterona

La concentración de urea sérica es un reflejo del consumo y utilización de proteína Las concentraciones superiores a 19 mg/dl se asocian directamente con la producción de prostaglandinas e inversamente con la cantidad de progesterona producida por el cuerpo lúteo y con alteración del pH uterino, lo

cual cambia adversamente el medio uterino y desfavorece la vida del embrión (Butler, 1997) La lisis del cuerpo lúteo ocasionada por el aumento de las prostaglandinas produce disminución de la producción de progestágenos. Este evento estimula al eje hipotálamo-hipófisis-adrenal de la madre para el desencadenamiento del parto. Esto, sumado a la hipoxia que está experimentando el feto, como consecuencia de la acidosis, resultará en un incremento en los niveles de ACTH materna y de cortisol fetal, para la continuación de la cascada endocrina y metabólica que terminará en el aborto (Moncada 2000)

2.7.1.3 Minerales

Los minerales juegan un papel importante en la reproducción. Los efectos de las deficiencias severas son generalmente bien entendidos. Aun así, es difícil de establecer los posibles efectos del exceso o deficiencias marginales a largo plazo. Además, existen muchas interacciones entre minerales (Samudio, 1999).

2.7.1.3.1 Calcio

Durante el parto o justamente después del mismo la hipocalcemia es inevitable en vacas lecheras y se caracteriza por una concentración de calcio sanguíneo < 8.0 mg/dl (Goff, 1993) La hipocalcemia se desarrolla como resultado de la presencia repentina de calcio en el calostro al inicio de la lactancia, resultando

en un gran desafío de la habilidad de la vaca para mantener los niveles normales de calcio en la sangre. La fiebre de leche es la manifestación clínica de la hipocalcemia, y la disminución del contenido del calcio plasmático es acentuada en vacas afectadas. Las vacas afectadas están recumbentes, son incapaces de levantarse y poseen un déficit de calcio de 8 gramos (Risco, 2000)

Una asociación significativa entre la hipocalcemia posparto, distocia y retención de membranas fetales y prolapso uterino en vacas lecheras ha sido asociada (Hurley and Doane, 1987). Las vacas con hipocalcemia posparto tienen 6.5 veces más probabilidades de presentar distocia, 3.2 más probabilidades de tener retención de membranas fetales y 3.4 veces más probabilidades de tener desplazamiento de abomaso hacia la izquierda (Curtis 1985)

El calcio está involucrado en la biosíntesis de esteroides en la glándula adrenal y los ovarios. Además, es necesario para la producción de testosterona por las células de Leydig y la estimulación de la pituitaria por medio de la GnRH para la liberación de pulsos de LH (Hurley and Doane, 1987)

Goff, (1993) ha documentado que los tratamientos orales de CaCl_2 incrementan el contenido de calcio en la sangre a 4 gr. Cuando se aplica oralmente una gel de esta sustancia una hora después del parto se noto un incremento en la concentración total de Ca en el suero y se mantuvo alto hasta

36 horas después del parto. Una manera más confiable de prevenir la fiebre de leche cuando la ingestión de calcio excede los requerimientos de la NRC antes del parto, es lograr una disminución en la diferencia anión catión (DCAD), usando sales aniónicas como suplemento en la dieta antes del parto, esto reduce la presentación de fiebre de leche. Además, mejora el rendimiento de leche, las tasas de concepción, servicios por concepción y días abiertos (Risco, 1998). Un exceso de Ca también afecta la reproducción causando deficiencias secundarias de P, Mg, Zn, Cu y otros microelementos por inhibición de la absorción en el intestino (Hurley y Doane, 1987, Samudio, 2001).

2.7.1.3.2 Fósforo

El fósforo es un componente integral de ácidos nucleicos, nucleótidos, fosfolípidos y proteínas. Además, forma parte de muchas coenzimas, es un componente de la división celular y en el transporte de metabolitos de grasas y en la utilización de carbohidratos, ácidos grasos y proteínas (Harris et al, 1991).

Las deficiencias de fósforo involucran alteraciones en el estro, baja tasa de concepción, anestro, disminución de la actividad ovárica, incrementa la incidencia de folículos quísticos y disminuye la fertilidad en general (Hurley y Doane, 1987, Swanson, 1987).

Carstairs et al , (1980) relacionó niveles de ingesta de energía y fósforo > 100% de los requerimientos de la NRC y 75% de los requerimientos de la NRC en novillas Holstein primíparas, con indicadores de la fertilidad. El reporta que no hubo diferencias significativas en los días a la primera ovulación entre los dos grupos, servicios por concepción, días abiertos y concentraciones preovulatoria de progesterona 3 ng/ml Se concluyó que la buena condición al parto de las novillas favoreció o repuso el bajo nivel de ingesta de energía y la obtención de fósforo óseo suplió la diferencia del mismo, sin embargo el nivel de producción se pudo ver afectado, principalmente, por un déficit de fósforo y energía que limitan la producción

La leche contiene alrededor de 0.095% de fósforo (Harris et al , 1991), y una vaca alta productora de leche requiere en su pico de lactancia alrededor de 100 gramos de fósforo por día (NRC, 1989, 2002)

En estudios realizados por Samudio et al 2001 en todo el país, demuestra un nivel deficiente en los pastos del mineral fósforo, y esto se debe principalmente a un pobre contenido en el suelo o a alta acidez principalmente debido a iones de aluminio que interfiere con la absorción del fósforo por los pastos De aquí la importancia de suplementar a las vacas de leche con sales minerales que contengan fuentes de fósforo de fácil asimilación

2.7.1.3.3 Zinc

El zinc ha sido reconocido por varias décadas como indispensable para el crecimiento normal y la salud de los animales. El cual juega un papel importante en el sistema inmune y ciertas hormonas reproductivas (Miller, 1989). El zinc es conocido como esencial para la madurez sexual adecuada, alcanzar la capacidad reproductiva y más específicamente dar inicio del estro. Se ha demostrado que el zinc mantiene la integridad de la célula epitelial y aumenta la replicación celular. Este es el mecanismo propuesto por el cual el zinc puede reducir la retención placentaria (Hidiroglou, 1979). El mantenimiento y la reparación del epitelio uterino después del parto, es esencial para el retorno a la función reproductiva normal y la presentación del estro.

La deficiencia de zinc ha demostrado que reduce la tasa de concepción, aumenta la incidencia de placentas retenidas, aumenta la frecuencia de distocia y lleva a un estro anormal (Hidiroglou, 1979). La falta de una suplementación adecuada de zinc en vacas gestantes puede resultar en abortos, momificación fetal, menor peso al nacimiento, o contractilidad miometrial con una labor prolongada. Las vacas con bajos niveles de zinc en suero mostraron una incidencia menor de distocia cuando se suplementaron con zinc antes del parto (Hurley y Doane, 1987).

La investigación ha demostrado que al mejorar el status de zinc se aumenta la tasa de concepción. Las vacas lecheras alimentadas con zinc adicional (400 mg de complejos de zinc y 400 mg de sulfato de zinc) antes del parto se detectaron en estro y tendieron a concebir más pronto después del parto en comparación con las vacas que no recibieron el zinc adicional antes del parto (Castillo, 2007)

2.7.1.3.4. Manganeseo

La deficiencia de manganeseo afecta severamente metaloenzimas incluidas hidrolasas, quinasas, descarboxilasas y transferasas. Además, es un mineral activo en los procesos de reducción, respiración tisular, formación de hueso, formación de sangre y función de los órganos endocrinos (Hurley y Doane, 1987)

El manganeseo juega un papel importante en la reproducción (NRC 2001). La investigación ha demostrado que al proveer una suplementación de manganeseo ocurrirá una ovulación adecuada, concepción, gestación y parto. Esta respuesta resulta del papel crítico que juega el manganeseo en los sistemas enzimáticos relacionados con la síntesis del colesterol. El manganeseo es necesario para la síntesis del colesterol, lo que a cambio se requiere para la esteroidogénesis del rumiante. Una esteroidogénesis

insuficiente resulta en la disminución de los niveles de hormonas reproductivas circulantes que llevan a espermas anormales en machos y a ciclos estrales irregulares en las hembras

El cuerpo lúteo tiene un alto contenido de manganeso y puede afectarse por el nivel de suplementación de manganeso (Hidiroglou, 1979) Una investigación en la Universidad del Estado de Ohio (Weiss y Socha, 2004) encontró que el ganado lechero requiere de niveles más elevados de Mn que los reportados en el (NRC, 2001) Sus hallazgos indican que el ganado lechero en lactancia requiere de 28 ppm Mn/d, mientras que las vacas secas requieren 49 ppm Mn/d para mantener en cero el balance de Mn Se debe de tener cuidado cuando se apliquen estos valores a la formulación de la ración lechera, puesto que no permiten Mn adicional requerido para el crecimiento del animal, el desarrollo fetal o los antagonistas para la absorción de los alimentos, forrajes o agua

2.7.1.3.5 Cobre

La suplementación de cobre es necesaria para un desempeño reproductivo adecuado notado por una mejor condición de la placenta Debido a que el cobre juega un papel vital en el metabolismo del hueso, lípidos y glucosa, se necesita para un desarrollo adecuado de la cría y el acondicionamiento de la madre. La investigación sustenta una repuesta del sistema inmune adecuada

y una función adecuada de los sistemas enzimáticos con la suplementación del cobre (NRC 2002) La enzima que contiene cobre, la lisiloxidasa, juega un papel clave en la hidroxilación de la lisina en fibras de colágeno y elastina. El proceso de hidroxilación da una rigidez estructural y elasticidad al tejido conectivo y vasos sanguíneos. Depresión en este mecanismo puede causar el deterioro en la integridad endometrial y el debilitamiento de los vasos sanguíneos que llevan a la destrucción de las membranas placentarias y su función (Hidiroglou, 1979) Además, el cobre estimula la liberación de GnRH por parte del hipotálamo.

Los problemas reproductivos que se relacionan con la deficiencia de cobre se manifiestan en la concepción inhibida a pesar de que el estro sea normal. Esto es una falla en la reproducción causada por la muerte embrionaria temprana y la reabsorción embrionaria, así como un aumento en las placentas retenidas. También hay datos que sugieren un aumento en la necrosis de la placenta. Las crías de las hembras deficientes muestran anomalías en el sistema nervioso central y una inhabilidad para amamantarse adecuadamente, se han reportado subestros (Hurley y Doane, 1987)

2.7.1.3.6 Cobalto

El cobalto es necesario para una adecuada síntesis de vitamina B₁₂. La vitamina B₁₂ se requiere para la conversión de propionato a glucosa y para el metabolismo del ácido fólico en el hígado (NRC, 2001). Se nota una fertilidad

reducida y acondicionamiento subóptimo de la cría en una deficiencia de cobalto y puede deberse a la anemia macrocítica. Los niveles inadecuados de cobalto en la dieta se han correlacionado con un aumento en la mortalidad temprana de becerros. Una deficiencia de cobalto finalmente resulta en una deficiencia de vitamina B₁₂ (Hidiroglou, 1979)

La investigación también ha demostrado que la cetosis puede aliviarse parcialmente con el cobalto. Las vacas lecheras responderán a adiciones adecuadas de cobalto en la dieta con un decremento en las incidencias de cetosis. En general, los rumiantes tenderán a responder con mejor apetito y una digestión de la fibra mejorada (Castillo, 2007)

2.7.1.3.7 Yodo

El yodo se requiere para la síntesis de la hormona tiroidea, la tiroxina, que regula la tasa del metabolismo (NRC 2001). Los signos de una deficiencia de yodo en hembras para reproducción incluye la supresión de estros, falla reproductiva, abortos, mortinatos, aumento en las incidencias de placentas retenidas y períodos de gestación extendidas (Hidiroglou, 1979). Además, la función ovárica disminuye, la madures sexual se incrementa y el hipotiroidismo disminuye la producción de FSH y LH por parte de la pituitaria (Hurley y Doane, 1987)

2.7.1.3.8 Selenio

La deficiencia de selenio se atribuye a la reducción en el desarrollo fetal mientras que en los animales marginalmente deficientes en selenio abortarán o los becerros serán débiles e incapaces de pararse o amamantarse Debido a que el selenio juega un papel vital en la respuesta inmune y tiene un papel asociado con la vitamina E, un estatus de selenio disminuido se documenta en la degeneración embrionaria, llevando a un aumento en la reabsorción fetal y en la mortalidad temprana del becerro (Hidiroglou, 1979). Los animales subfortificados también tendrán un sistema inmune debilitado resultando en el aumento de la incidencia de mastitis y neumonía El estatus disminuido también se ha asociado con una involución uterina deficiente, placentas retenidas, metritis, fertilidad reducida y débil o calores silenciosos (Hurley and Doane, 1987).

Se ha demostrado que la suplementación de selenio aumenta la movilidad espermática. En hembras, reduce la incidencia de las placentas retenidas, se reducen los ovarios quísticos, mastitis y metritis Cuando se encuentran los niveles adecuados de selenio en sangre se reduce el aborto, los mortinatos y la recumbencia en el periparto En animales gestantes, la toxicidad del selenio producirá abortos, mortinatos y becerros débiles y letárgicos debido a que el selenio se acumule en el feto a expensas de la vaca (Castillo, 2007)

Cuadro X. Efectos de minerales traza sobre los parámetros de reproducción en rumiantes

	DIRECTO	INDIRECTO
Zinc	• Tasa de concepción reducida	• Problemas leves a severos en pezuñas
	• Atrofia en el tejido y glándulas reproductivos en machos	• Crecimiento esquelético subóptimo y ganancia de peso
	• Aumento en placentas retenidas	• Utilización deficiente del alimento y eficiencia
	• Inhibición de la maduración de espermatozoides	• Leche de baja calidad y alta cuenta de células somáticas
		• Lenta cicatrización de heridas y pelaje áspero
Manganes o	• Supresión de estro o calores silenciosos	• Deficiente desarrollo esquelético
	• Reducción de la tasa de concepción	• Condición débil y deficiente de patas y articulaciones
	• Ovulación retardada	
	• Aumento en incidencia de abortos	
	• Abertura retardada del orificio vaginal	
	• Pesos livianos al nacimiento con mortalidad infantil	
	• La libido del macho inhibida y reducción de espermatozoides	
Cobre	• Concepción inhibida	• Crecimiento retardado
	• Muerte embrionaria temprana	• Pelaje deficiente, color rojizo
	• Aumento en retención placentaria	• Cambios esqueléticos
	• Subestro	• Anemia
	• Necrosis de la placenta	
	• Anormalidades en el sistema nervioso central en las crías	
Cobalto	• Fertilidad reducida	• Apetito deprimido
	• Aumento en la mortalidad del becerro	• Deficiente digestión de la fibra
	• Rendimiento y calidad deprimida de la leche y calostro	• Pérdida de peso
Selenio	• Disminución del desarrollo fetal y mortalidad temprana en becerros	• Disminución de la movilidad con problemas en pezuñas
	• Degeneración embrionaria y reabsorción fetal	• Metabolismo de la vitamina E y estado inmune reducidos
	• Placentas retenidas y deficiente involución uterina	• Concepción deficiente
	• Disminución en la calidad y volumen de la leche y el calostro	• Crecimiento y pelaje deficientes

Fuente: Castillo, 2007

2.7.1.4 Vitaminas

Es reconocida la relación que existe entre las vitaminas y la reproducción, en general las vitaminas son requeridas para el metabolismo celular, mantenimiento y desarrollo (Hurley y Doane, 1987). Las vitaminas A y E son las más importantes ya que en el caso de vitamina A es importante en la integridad de membranas y una deficiencia puede causar reducción en la tasa de concepción, aumentos en el número de abortos, y reabsorción y mayor retención de placenta. En nuestro medio tropical de pastoreo es difícil que exista una deficiencia de vitamina al menos que sean sistemas donde se utiliza mucho heno y ensilaje (Zumbado, 2004, Harris, 1990)

Existen evidencias y recomendaciones (INRA, 1988, NRC, 1989, 2001) de la necesidad de suplementar ciertas vitaminas (B1 -Tiamina-, B12 -Cianocobalamina-, Niacina -Nicotinamida o B3- y posiblemente Colina, A, D, E,) en algunas condiciones particulares, tales como: rumiantes jóvenes o sometidos a dietas lácteas, situaciones de deficiencia en Co, raciones ricas en alimentos muy fermentables o ricas en sulfatos, intoxicaciones o empleo de alimentos enmohecidos y, especialmente, cuando se adicionan productos conservantes antimicrobianos o antibióticos que disminuyen la flora bacteriana que sintetiza ciertas vitaminas en rumen, situaciones que aisladas o combinadas pueden ocasionar bajos niveles de síntesis de la vitamina y/o alta degradación de la misma a nivel de rumen que hacen necesaria su

suplementación oral (corriendo el riesgo de la degradación de las mismas por acción ruminal y/o baja síntesis) o parenteral

2.7.1.4.1 Vitamina A

Una deficiencia de vitamina A repercute directamente en la estructura y funcionamiento de la glándula pituitaria, las gónadas y el útero. En la hipófisis, se presenta una degeneración quística irreversible, y si la deficiencia continua se presenta una queratinización del endometrio, afectándose por consiguiente el desarrollo placentario. Los principales signos de deficiencia son periodos cortos de gestación, alta incidencia de retenciones de placenta y el nacimiento de becerros sin coordinación, ciegos o muertos (Harris, 1990).

2.7.1.4.2 Vitamina D

La vitamina D es esencial para una calcificación normal de los huesos. Por ello alguno de los primeros síntomas que se observan de la deficiencia de vitamina D es la disminución en las concentraciones plasmáticas de Ca y el aumento de fosfatos en el suero. La vitamina D está implicada en pérdidas reproductivas debido a su efecto sobre la utilización del Ca y el P (Hurley y Doane, 1987)

2.7.1.4.3 Vitamina E

La combinación de vitamina E y Se ha dado buenos resultados para la reducción de las retenciones de placenta, metritis y quistes ováricos en hatos con bajos niveles de estos nutrientes (Harris, 1990). Aunque, hay otros

factores que están relacionados con las retenciones placentarias, tales como enfermedades reproductivas y condiciones de estrés, el adicionar vitamina E y Se no siempre ayuda a la corrección del problema

2.7.1.4.4 Vitamina K

La vitamina K es sintetizada por los microorganismos del rumen y cumple una función específica que es participar en la coagulación de la sangre cuando así se requiere por alteraciones que comprometan el sistema vascular y la piel. Los ruminantes producen suficiente vitamina K para cubrir los requerimientos normales del organismo, de tal forma que no es necesario suplir esta vitamina en las dietas del ganado lechero (Miller, 1989)

2.7.2. Efecto del estrés calórico sobre la reproducción

El estrés calórico corresponde al estado del medio físico cuyas características calóricas incluyendo temperatura, humedad relativa y radiación solar son capaces de generar una alteración apreciable del estado funcional en el organismo de la vaca (Araúz, 2006)

Las condiciones del medio tropical conllevan el problema del estrés calórico, el cual se ha demostrado que repercute negativamente sobre la capacidad funcional de la vaca lechera (McDowell, 1981; Jordan, 2003, West, 2004), especialmente los perfiles de la reproducción en el ciclo de vida de la vaca

lechera Los principales efectos se relacionan con la reducción de la efectividad reproductiva (Nebel, 1997; Fricke, 1999), aun en las condiciones del trópico (Araúz, 1994).

Cuando las vacas sufren estrés calórico se ven afectadas su función digestiva, metabolismo, reproducción y producción de leche Desafortunadamente no hay nada que se pueda evitar en estas cuatro funciones biológicas En cambio, debemos tratar de enfocarnos realmente en como optimizar la perdida de calor, asumiendo que estamos minimizando las cargas ambientales de calor (Spain et al., 2008)

Las investigaciones indican que el microclima principalmente temperatura ambiental y humedad relativa están relacionadas o afectan negativamente la reproducción (Hansen y Arechiga, 1999; Jordan, 2003, Araúz, 2006). Esto incluye reducción en la duración del celo, reducción en la manifestaron del estro, mortalidad embrionaria, disminución en la tasa de concepción, alteración de la función uterina, cambios en el estatus endocrino, desarrollo fetal reducción de la efectividad para la fertilización, alteraciones y reducción en la calidad del óvulo, reducción en el proceso de capacitación espermática, reducción en síntesis uterinas de proteínas contra el choque térmico, reducción en la producción de embriotrofo, alteración bioquímica en el medio uterino afectando el proceso de anidación, incremento en los costos de manejo reproductivo y reducción de la eficiencia reproductiva en general (Araúz, 2006; Collier et al , 1982) Durante el periodo de estrés calórico hay una reducción

en el consumo de materia seca como se muestra en el cuadro 2, la cual causa una reducción en la producción de leche. Adicional, la fertilidad es afectada cuando la temperatura ambiental está por encima de los 25.6°C (Risco, 1998)

Cuadro XI. Efecto del estrés calórico sobre el consumo de materia seca

Temperatura ambiente°C	% Materia seca ingerida
25.6	100
30	90
32	75
40	60

Fuente: Risco, 1998.

La glándula adrenal responde al estrés iniciando la liberación de hormona liberadora de Cortico trópica (ACTHRH), desde neurosecretores del hipotálamo, que a su vez actúa sobre la hipófisis estimulando la secreción de hormonas adrenocorticotropica (ACTH), que alteran la secreción de GnRH (Moberg, 1991). Además, el estrés calórico puede incrementar la progesterona en plasma en 0.42 ng/ml, lo que implicaría un intricado balance entre progesterona, estrógeno y secreción de LH (Thatcher, 1974). La preñez también es un factor en el estrés calórico. Cuando una vaca esta gestante, la cría produce dos veces mas calor por unidad de peso que la vaca y todo ese calor se genera cerca del centro de la vaca (Spain et al., 2008)

Las implicaciones del estrés calórico han sido proyectadas en pérdidas económicas asociadas (St-Pierre et al., 2003), destacándose que el microambiente calórico no sólo tiene efectos inmediatos, sino también a mediano y largo plazo, afectando por ende los procesos de la reproducción y el propio desempeño lactacional como función derivada de la efectividad reproductiva del bovino tipo leche

Entre algunas cifras relevantes, se puede señalar que la tasa de concepción se reduce de 44 a 25.3% cuando la temperatura ambiental es de 28.3 y 36.7°C; mientras que al contrastar el clima frío con el caliente se observó que la tasa de concepción fue 52 y 30% (Badinga y colaboradores, 1977). Se anexan la reducción en el desarrollo fetal en bovinos alcanzando la misma un 20% y has un 54% en el caso de la especie ovina (Bell et al., 1984). Parte de la justificación en la reducción del tamaño de los fetos es la reducción del flujo sanguíneo uterino que alcanza entre el 20 al 30% e igualmente por la reducción en el flujo sanguíneo umbilical entre el 30 y 51% según Reynolds et al., 1985)

En general el estrés calórico incluyendo un ambiente por encima de 25°C hasta los 40°C incluye efectos negativos sobre la actividad glandular de la vaca, actividad ovárica, calidad del óvulo, capacitación espermática, establecimiento y reconocimiento de la gestación, desarrollo de la gestación, efectividad reproductiva de la hembra y eficiencia del manejo reproductivo. En consecuencia, las implicaciones económicas y de manejo reproductivo son

esenciales dentro del marco ambiental del trópico, ya que el entorno térmico en muchas zonas, regiones y fincas define la condición de tensión calórico ambiental, y de seguro contribuyen en la reducción de la eficiencia biológica, lactacional y económica en los sistemas de producción lechera tropical

2.7.3. Implicaciones del consumo de materia seca en la reproducción

La materia seca de un alimento es lo que queda después de extraer toda el agua, es aquí donde se encuentran los nutrientes que el animal necesita para sus funciones de mantenimiento, crecimiento, reproducción, lactación y gestación. Los alimentos se pueden clasificar arbitrariamente en forrajes, concentrados y minerales

Los forrajes son las partes vegetativas de las gramíneas o las leguminosas que contiene una alta proporción de fibra (más de 30% de fibra neutro detergente) Los forrajes son requeridos en la dieta en una forma física grosera con partículas de más de 1 ó 2 mm de longitud (Wattiaux y Howard, 1999)

Los concentrados se refieren a alimentos que son bajos en fibra y altos en energía, Los concentrados pueden ser bajos o altos en proteína Los granos de cereales contienen <12% de proteína cruda, pero las harinas de semillas de oleaginosas pueden contener hasta más de 50% de proteína Además tienen alta palatabilidad, son comidos rápidamente, no estimulan la rumia, se

fermentan rápidamente por ende pueden reducir el pH del rumen lo cual puede interferir con la fermentación normal de la fibra (Wattiaux y Howard, 1999)

El consumo de materia seca determina en gran medida la producción de leche que una vaca puede alcanzar en sus condiciones de peso, estado lactacional, números de partos, influencia ambiental y de su buen estado de salud. A pesar de que la vaca lechera tiene una trayectoria irregular con énfasis en una forma curvilineal en su consumo de materia seca durante la lactación, se evidencia que hay una correlación estrecha entre la trayectoria de la habilidad para consumir sólidos alimenticios (Harris, 1990)

La producción de leche ha sido utilizada como una de las referencias más determinantes del consumo de materia seca. De allí, que se han diseñado tablas específicas que relacionan la cantidad de materia seca requerida según la producción de leche.

2.7.3.1 Relación forraje: concentrado

La proporción de forraje y concentrado requerida en la dieta depende de varios factores de los cuales los más importantes son: Calidad del forraje: El contenido de un forraje maduro es menor que el de un forraje inmaduro o vegetativo. La demanda de energía de la vaca aumenta con el aumento de producción de leche. Usualmente las cantidades de concentrado requeridas en

la ración de una vaca de alta producción son más que para vacas de baja producción

La relación del forraje con el alimento concentrado se modifica de acuerdo con el potencial de producción o con la producción de leche según el estado lactacional y en consecuencia se han utilizado varias relaciones de acuerdo con el rendimiento lácteo. La relación se diferencia en función de la materia seca, indicando que para las vacas de 10, 18, 26, 34, 42 y 50 kg/día la relación de la materias seca forrajes granos debe ser 100, 90, 80, 70, 60 y 50% respetando los niveles de los carbohidratos estructurales (Chandler, 1978; NRC, 1981), aunque en la actualidad se utilizan los ajustes por fibra ácido detergente y fibra neutrodetergente (NRC, 1989, 2001).

Los estudios realizados por Guillen, (2005) en fincas de tecnología grado A en las tierras altas de Chiriquí indican que el bajo consumo de materia seca y de carbohidratos estructurales, así como el bajo consumo de forraje verde constituyen algunas de las limitantes más importantes para la producción de leche. El encontró un consumo de pasto de 3.19 a 8 30% del peso vivo. Además, el consumo de materia seca en forma de concentrado en la ración en los sistemas de alimentación evaluados fue entre 32 a 56% del requerimiento total. Según Schmidt y Van Vleck, (1974), para obtener los mejores rendimientos, las vacas en producción no deben recibir más del 55% de la materia seca total en forma de concentrado, y por lo menos 45% en forma de

forraje o alimentos groseros Normalmente, la administración de más del 60% de la materia seca en forma de concentrado tiende a reducir la producción total de leche, el porcentaje de grasa y provoca trastornos digestivos y metabólicos (McCullough, 1974, NRC, 2001).

La locomoción excesiva en busca del pasto, los periodos de lluvias y de sol ampliados en sus épocas respectivas constituyen algunas otras fuentes de variación que culmina por reducir la eficiencia productora de la vaca de leche en el medio tropical

En el plano nutricional y de alimentación se destacan el bajo consumo de materia seca, de energía, proteína y carbohidratos estructurales, por lo cual se puede señalar que el potencial de las dietas para el soporte lactacional según su aporte de energía neta lactacional oscila entre 15 y 22 kg/vaca día Esto significa que en la medida que la capacidad momentum del cuerpo y sistema mamario de la vaca combinan los elementos para favorecer una mayor producción, se producirán los mayores balances energéticos y proteicos negativos si no se hacen los ajustes en la dieta, y por lo tanto, la tendencia inmediata será a reducir la tasa de producción láctea diaria hasta lograr la ubicación lo mas próxima al potencial energético de la dieta mas el complemento corporal propiamente (NRC, 1989)

Cuadro XII: Principales Factores Limitantes de la Capacidad Funcional en Producción y Reproducción de la Vaca lechera que Reducen la Productividad de la Empresa Productora de Leche en el Trópico

Factores Limitantes de la vaca lechera en producción	Detalles
Bajo Contenido Energético del Pasto verde (Mcal/kg)	0.20 - 0.30
Bajo Consumo de materia seca y dietas con alta humedad (% pv)	1.85 - 2.50
Bajo contenido de Fibra Cruda en la dieta (%)	10 - 12
Alta dependencia en el Forraje verde exclusivo (%)	92 a 96
Bajo potencial energético de la dieta (kg leche/día)	16 - 24
Alta dependencia nutricional en alimentos concentrados (lb)	8 - 20
Alta relación de la materia seca de concentrados en la dieta (%)	45 - 55
Baja proporción de la materia seca de los forrajes en la dieta (%)	55 a 45
Baja disponibilidad de agua en el área de pastoreo	Frecuente
Baja condición corporal al parto y durante la fase de producción	< 3.25, <2.75
La Época anual y la disponibilidad de forraje verde (% p v)	30 - 60
La Época Anual y el estrés calórico diurno (°C)	30 - 38
La Mastitis Subclínica y Clínica (2 - 6%)	20 - 40
Los partos problemáticos y desórdenes durante el puerperio	Frecuentes
Las parasitosis externas e internas	Frecuentes
Los desórdenes reproductivos después del parto	Frecuentes
El anestro postparto prolongado (días)	110 - 160
Las enfermedades metabólicas (hipocalcemia, anemia, etc)	Frecuentes
Enfermedades Virales (Estomatitis, Leucosis, Papilomatosis)	Frecuentes
Enfermedades Pódales durante la lactación	Frecuentes
Mortalidad Embrionaria y Baja Fertilidad	Frecuentes
Pérdida de uno o más cuartos mamarios	Frecuentes
Debilidades anatómicas y estructurales en las patas y pezuñas	Frecuentes
Locomoción (+ 1.5 km/día) y Disipación Calórica (+ 10 a + 30%)	Costo Energético
Influencia genética de otras razas con aptitud para carne	Frecuente
Retraso en el desarrollo y la habilitación reproductiva	Frecuente
Edad avanzada de las vacas (Partos)	8 - 12
Bajos índices de descarte anual por desempeño funcional (%)	2 - 6

Fuente: Araúz, (2008).

En las condiciones del medio tropical, cuando se logra una producción igual o superior a los 24 kg kg/día, se produce un balance energético negativo que induce al uso marcado de las reservas corporales y a la vez limita el desempeño lactacional y reproductivo en las vacas superiores por su capacidad genética (Araúz, 2010).

2.7.4. Factores de salud que afectan la reproducción

Los principales factores de salud animal que en conjunto influyen sobre el desarrollo reproductivo de la vaca lechera en el trópico incluye: las cojeras, mastitis, enfermedades infecciosas, enfermedades parasitarias y afecciones de índole metabólica.

2.7.4.1 Efectos de las cojeras en la reproducción de leche

En fincas con alta incidencia de cojeras se reduce los indicadores de fertilidad. Hay estudios que demuestran, que las vacas cojas, tardan 14 días más en concebir que los animales normales. Además, en animales afectados con ulcera de suela, la concepción puede retratarse en 40 días (Greenough y Tamagnini, 2001)

En estudios realizado por Garbarino et al (2004) en vacas Holstein que presentaron problemas de cojeras, sustentaron el efecto negativo de la cojera sobre el desarrollo de la actividad ovárica en el posparto temprano, vacas que presentaron cojeras tuvieron una media de 36 días del parto a la aparición de la primera fase luteal, comparadas con vacas saludables que tuvieron 29 días. El efecto de la renguera en reproducción está íntimamente relacionado con la faz reproductiva del momento en que el problema inicia, la gravedad del mismo, su duración y forma de evolucionar, siendo el impacto de mayor importancia cuando ocurre dentro de los 30 a 90 días post-parto, porque actúa incrementando el intervalo parto concepción (Greenough y Tamagnini, 2001). Una vaca coja reduce significativamente su actividad de monta y difícilmente se deja montar, esto dificulta detectarla en celo.

Vacas con abscesos/úlceras plantares o vacas con dos o más desórdenes en pezuñas tienen más días abiertos ($P < 0.05$) que las vacas sin desórdenes en pezuñas tal como se observa en el Cuadro XIII. Las vacas con abscesos/úlceras plantares tuvieron 63 días abiertos más que las vacas sanas, mientras las vacas con dos o más desórdenes en pezuñas que tuvieron 76 días. Además, hubo un menor porcentaje de vacas con abscesos/úlceras plantares gestantes al final de la lactancia que vacas sanas (Castillo, 2001).

En explotaciones que no lleven un manejo adecuado para prevenir estos problemas (pisos adecuados, veredas adecuadas, usos de pediluvio, uso de

recorte de pezuña, una adecuada nutrición mineral y un adecuado suministro de fibra efectiva, en la ración suministrada, para contrarrestar problemas de cojeras por acidosis ruminal), las pérdidas pueden ser cuantiosas

Cuadro XIII. Efecto de la lesión en pezuña sobre el desempeño reproductivo del ganado lechero.

Variable	Sanas, sin desórdenes en pezuña	Dermatitis Digital	Absceso/ Ulcera plantar	Gabarro	Dos o más desórdenes en pezuña
# de vacas	464	23	39	4	18
Días a primer servicio	70	70	71	71	77
Días abiertos	92 ^y	120 ^{yz}	155 ^z	106 ^{yz}	168 ^z
% gestantes al final de la lactancia	97 ^y	96 ^{yz}	90 ^z	100 ^{yz}	94 ^{yz}

Fuente Castillo, 2001

^{yz} Dentro de la fila, medias difieren ($P < 0.05$)

La cojera también puede impactar la fertilidad disminuyendo las tasas de concepción a primer servicio y aumentando la incidencia de ovarios quísticos como lo indican los resultados de un estudio en la Universidad de Florida (Meléndez et al., 2002). Las vacas que estaban clínicamente cojas debido a un desorden en pezuñas en los primeros 30 días posparto tuvieron un 58.9% de caída en las tasas de concepción a primer servicio ($P < 0.05$), un 125% de aumento en ovarios quísticos y un 82% de disminución en la tasa de preñez a los 480 días posparto como se muestra en el Cuadro XIV. Probablemente lo más problemático, fue que el 30.8% de las vacas que estaban cojas durante los primeros 30 días de lactancia se desecharon antes del registro de cualquier

evento reproductivo en comparación con el 5.4% de las vacas que no estaban cojas (control)

Cuadro XIV: Efecto de la cojera durante los primeros 30 días de lactancia sobre la reproducción

Parámetro	Vacas cojas	Control
Días a primer servicio	99	94
Tasa de concepción a primer servicio, %	17.5 ^y	42.6 ^{yz}
Ovarios quísticos, %	25.0 ^y	11.1 ^z
% Gestantes @ 480 d posparto	85.0 ^y	92.6 ^z
% Desechos antes de cualquier evento reproductivo	30.8 ^y	5.4 ^z

Fuente: Meléndez et al., 2002.

^{yz} Dentro de la fila, medias difieren ($P < 0.05$)

Se evaluó la fertilidad de 190 vacas (las vacas que se sirvieron con inseminación programada no se incluyeron en la evaluación). Sesenta y cinco vacas mostraron una cojera dentro de los 30 días posparto. Estas vacas se compararon con 130 vacas que no exhibieron cojera durante los primeros 150 días de lactancia.

2.7.4.2 Efecto de la mastitis sobre la reproducción

Los eventos fisiopatológicos que siguen a las infecciones clínicas de la glándula mamaria, implican la liberación de mediadores que tienen efectos

negativos sobre la función lútea, los niveles circulantes de progesterona y por ende el mantenimiento de la preñez temprana (Gilbert et al. 1990). Estos efectos son debidos en parte a la liberación de endotoxinas por parte de las bacterias que causan la mastitis. Un caso de mastitis en la inseminación o poco antes o después de esta pueden tener un efecto negativo en el establecimiento o mantenimiento de la preñez, ya sea a través del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, el eje útero-ovárico o un efecto de los niveles hormonales (Hockett et al. 1997)

Los investigadores de la Universidad de Florida (Risco et al. 1999) reportaron un riesgo de aborto de 2.7 veces más en vacas que están experimentando un incidente de mastitis clínica en los primeros 45 días de lactancia, esto debido a que organismos como los coliformes liberan endotoxina que resultan en la liberación endógena de $PGF2\alpha$, que causa luteólisis y contracciones del miometrio (Hockett et al., 2004) reportaron un aumento en los días a primer servicio de 22.6 días (71 a 93.6 días) para vacas con mastitis clínica antes del primer servicio. Los servicios por concepción también se aumentaron de 1.6 para vacas sin mastitis a 2.9 para aquellas con mastitis clínica después del primer servicio.

Las endotoxinas liberadas por la muerte de las bacterias gram-negativas disminuyen significativamente la amplitud del pulso de la hormona de liberación de gonadotropina (GnRH), generan una menor concentración de GnRH y de

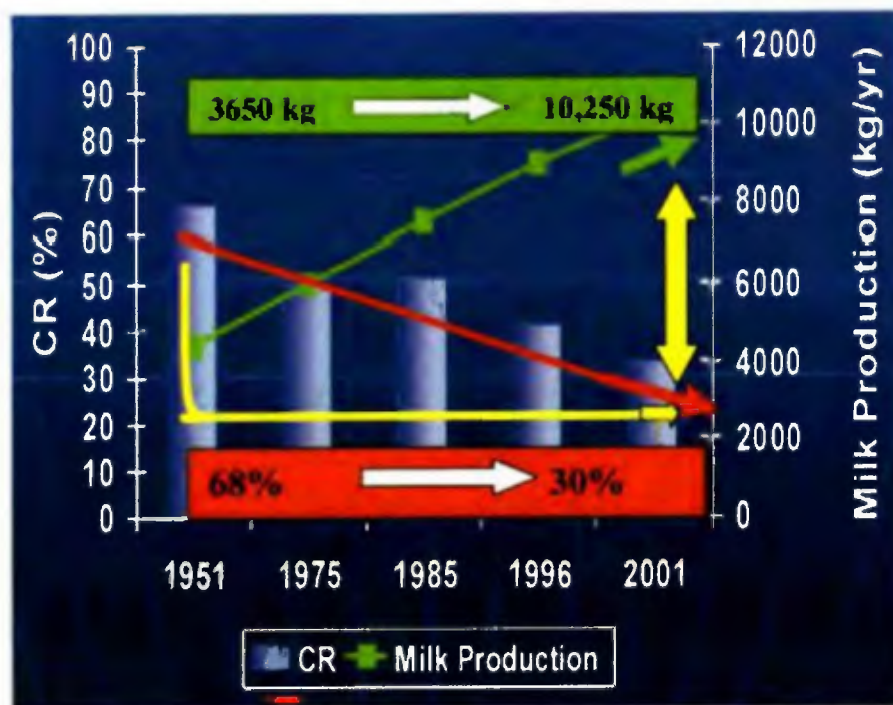
hormona luteinizante (LH), aumento en cortisol y progesterona (P_4); mientras que se incrementa la temperatura corporal. La inflamación estimula al sistema inmune, resultando en la liberación de las citoquinas que pueden inhibir la acción de FSH sobre los receptores de LH. Por lo tanto, la mastitis puede influir en la función reproductiva por la vía de las alteraciones en la actividad de LH y FSH o función, por ende afectando al desarrollo folicular y (o) a la maduración del ovocito (Schrick et al., 2001)

En la reunión anual de NMC en el 2001 investigadores de la universidad de Guelph (Kelton et al., 2001), presentaron datos que las vacas con mastitis clínicas a los 30 días del servicio tuvieron una tasa de concepción de 31% comparado con una tasa de concepción del 47% de vacas sin infección durante el mismo periodo de tiempo. Para evitar el efecto negativo mastitis/reproducción se deben concentrar los esfuerzos en la prevención y control en el periodo seco en novillas y vacas

2.7.5 Efecto de la producción de leche sobre la reproducción

La capacidad genética para la producción de leche en vacas ha aumentado significativamente debido a la selección, pero las tasas de concepción para vacas lactantes se han reducido entre 40 y 50% según Butler (2000, Figura 6)

Figura 6: Evolución de la producción de leche y su relación con la tasa de concepción en Estados Unidos

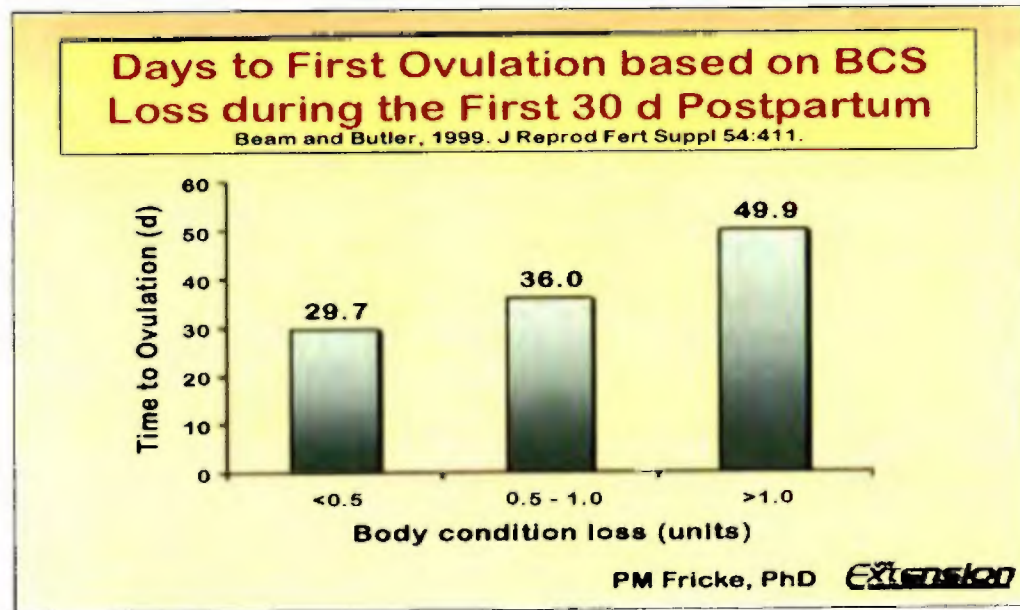


Fuente: Butler, 2000.

La disminución en la fertilidad se puede explicar por su relación inversa con la producción de leche (Ahmad *et al.*, 1996; Butler, 2000), por problemas de detección de estros en situaciones de confinamiento, estrés ambiental (Araúz, 2006; Jordan, 2006) y por la condición corporal (CC) (Butler y Smith, 1989) al parto. Esta última está relacionada con los cambios metabólicos requeridos para aumentar la producción de leche, influenciando el número de días abiertos (Staples *et al.*, 1992). Bean y Butler, (1999) mencionan que a medida que se pierda más condición corporal durante los primeros 30 días posparto, los días a la primera ovulación también se incrementarán, esta pérdida de condición corporal es más crítica en aquellas vacas con un potencial de producción más

alto, debido a sus mayores exigencias nutricionales (Figura 7). En este periodo la ovulación está directamente relacionada con la capacidad de la vaca para consumir nutrientes y la producción de leche (Lucy et al., 1992).

Figura 7: Días a la primera ovulación basados en la pérdida de condición corporal durante los primeros 30 días posparto



Fuente. Bean y Butler, 1999.

La reanudación temprana de la actividad ovárica en vacas posparto es necesaria para lograr la gestación al primer servicio en intervalos de 55 a 85 d. Después de la regresión del cuerpo lúteo de gestación, existe un periodo de inactividad antes de la primera ovulación. La duración de este periodo cambiaría debido al nivel de nutrición, la CC, y la lactancia, entre otros factores (Savio et al., 1990).

2.7.51 Efecto de la producción de leche sobre los días abiertos

El efecto de la producción de leche sobre los días abiertos (días que transcurren desde el parto hasta la concepción) ha aumentado a medida que se aumenta la producción de leche promedio por vaca (Eicker et al , 1996) Ver Cuadro XV Este aumento en días abiertos ha ocasionado un mayor intervalo entre parto y es el resultado de la interacción de varios factores, pero principalmente a la intensa selección genética por alta producción (merito neto), que se aplica al ganado de leche (Fonseca et al., 1983)

Cuadro XV: Efecto de la producción de leche acumulada a 60 días sobre los días abiertos

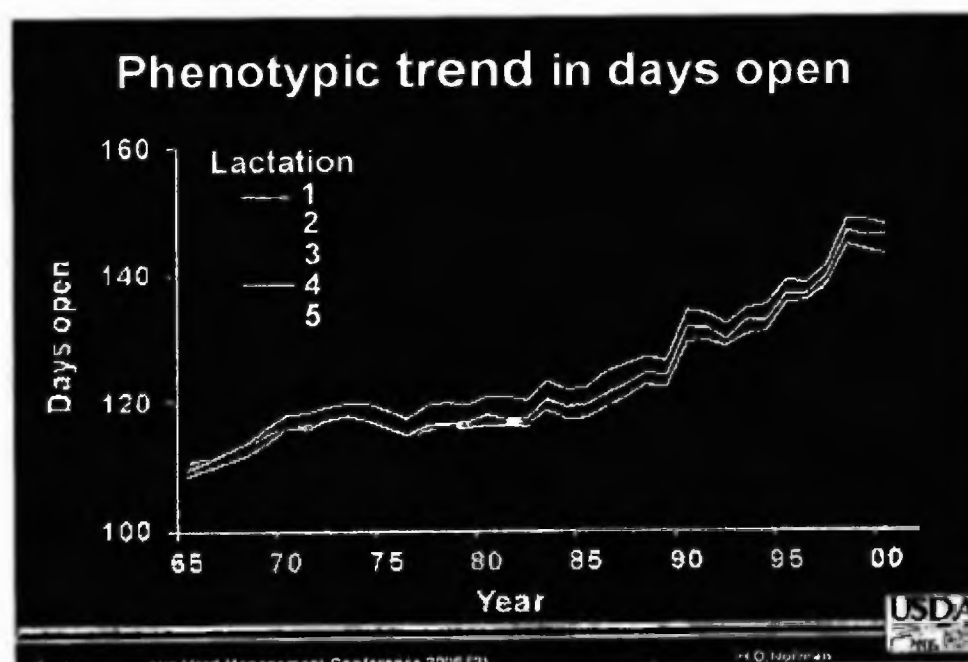
Producción de leche acumulada en 60 días (kg)	Periodo Abierto (Días)
< 1582	100
1583- 1891	101
1892-2195	105
2196 – 2541	106
> 2541	112

Fuente Eicker et al., 1997

El aumento observado en días abiertos es directamente proporcional al aumento de producción que se ha tenido en los últimos 40 años en la raza

Holstein, sin embargo este aumento es más notorio en vacas de más de tres lactancias cuyas producciones son mayores y sus necesidades nutricionales son mayores que novillas que por lo general producen menos leche ya que aún están en crecimiento, aparte que son animales más fértiles y presentan menos complicaciones posparto (Norman, 2006) (Figura 8)

Figura 8: Evolución de los días abiertos en distintas lactancias en USA



Fuente Norman, 2006

Ya que existe una correlación positiva (aproximadamente 0.35) entre rendimiento de leche y días abiertos la tarea de mejorar la fertilidad mientras se selecciona por alta producción de leche es desafiante (Caraviello, 2004). Sin embargo, factores como alimentación, nutrición, medio ambiente,

enfermedades y parásitos y manejo en condiciones tropicales pudieran tener una ingerencia mayor en condiciones propias de Panamá.

En cuanto a la producción de leche de la Holstein ha pasado de 5795 kg en 1970 a 11680 kg en el 2006 (Visser y Wilson, 2006), un aumento de más de 100% en un periodo de 36 años Sin embargo, en el mismo periodo los días abiertos han aumentado 40 días aproximadamente (Norman, 2006)

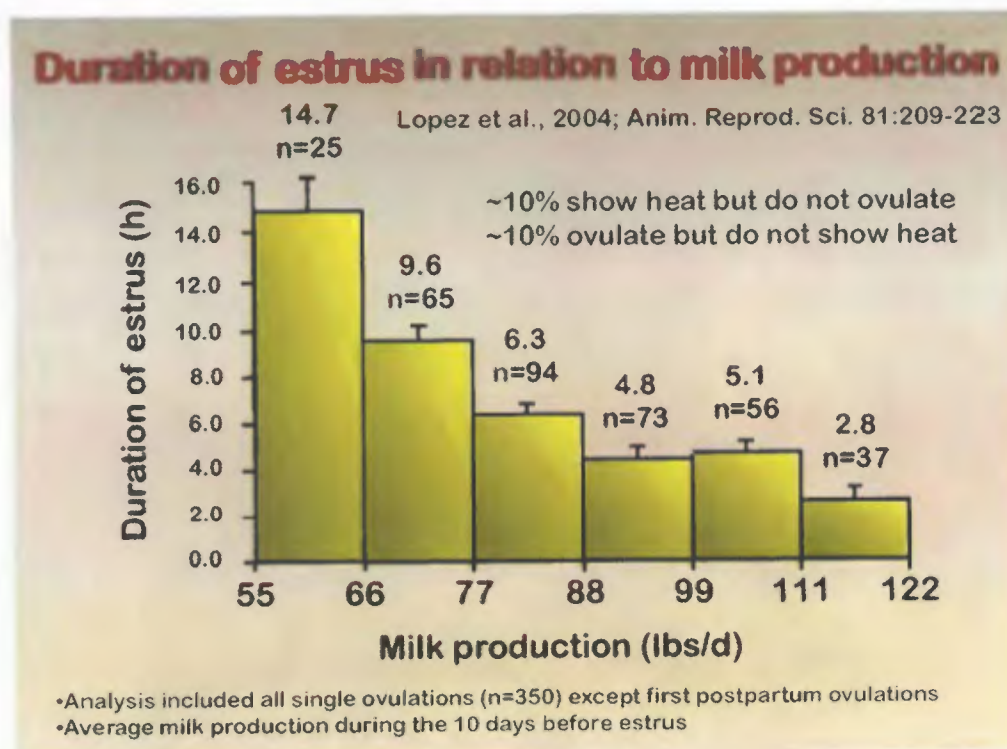
Por otro lado las demás razas no escapan a esta situación ya que aquí los genetistas también han mejorado todas las razas con aptitud lechera incrementando sus producciones y disminuyendo la fertilidad tal como lo resume (Visser y Wilson, 2006)

2.7.5.2 Efecto de la producción de leche sobre la duración del estro

La duración del comportamiento estral hace 30 años era de cerca de 18 horas (Roberts, 1986). Sin embargo, las recientes investigaciones usando monitoreo radio telemétrico del comportamiento estral, han indicado que las vacas lecheras lactantes expresan un pobre comportamiento estral en comparación con las vaquillas (Fricke, 2001) Además, en condiciones de estrés calórico ambiental como en el trópico, esta conducta de comportamiento de celo se ve

afectada, omitiéndose por completo, disminuyendo en tiempo o intensidad o mostrando celo las vacas solo en condiciones más favorables como en la noche (Arauz, 2009). Adicionalmente, el número de veces diarias que las vacas son observadas, así como la duración y localización de estas observaciones afectan profundamente la tasa de detección de estro. También es conocido que la producción de leche afecta la duración de celo en vacas ver Figura 9.

Figura 9: Duración del estro en relación con la producción de leche



Fuente: López et al., 2004.

2.8. Perfil nutricional de los requerimientos para la vaca lechera en lactación

La lactación es un periodo durante el cual existe una alta exigencia nutricional, la cual ha sido establecida por la NRC (1989, 2001); aunque otras fuentes de referencia también indican los requerimientos nutricionales (Bauman y Currie, 1980, ARC, 1988) Los mismos se clasifican para el mantenimiento y producción y el mantenimiento deberá ser ajustado por locomoción, disipación calórica y crecimiento.

La influencia de la gestación se toma en cuenta para el último tercio de la gestación, pero la vaca no debe estar en producción. En consecuencia, los requerimientos nutricionales muestran dos tablas una para las vacas en producción y otra para las vacas gestantes como se muestra en los cuadros XVI, XVII y XVIII

Los requerimientos nutricionales para las vacas en producción en el componente energético se debe ajustar según el contenido de grasa en la leche y se considera que el margen de grasa oscila entre 3.0 y 5.0%; no obstante el índice de grasa láctea para las razas pesadas puede aplicarse con 3.5%, las razas medianas es 4.0% y para la raza Jersey 5.0%, cuyos nutrientes se indican por kilogramo de leche (El útero y los cuernos uterinos representan el sector del tracto genital responsable de la producción de prostaglandina

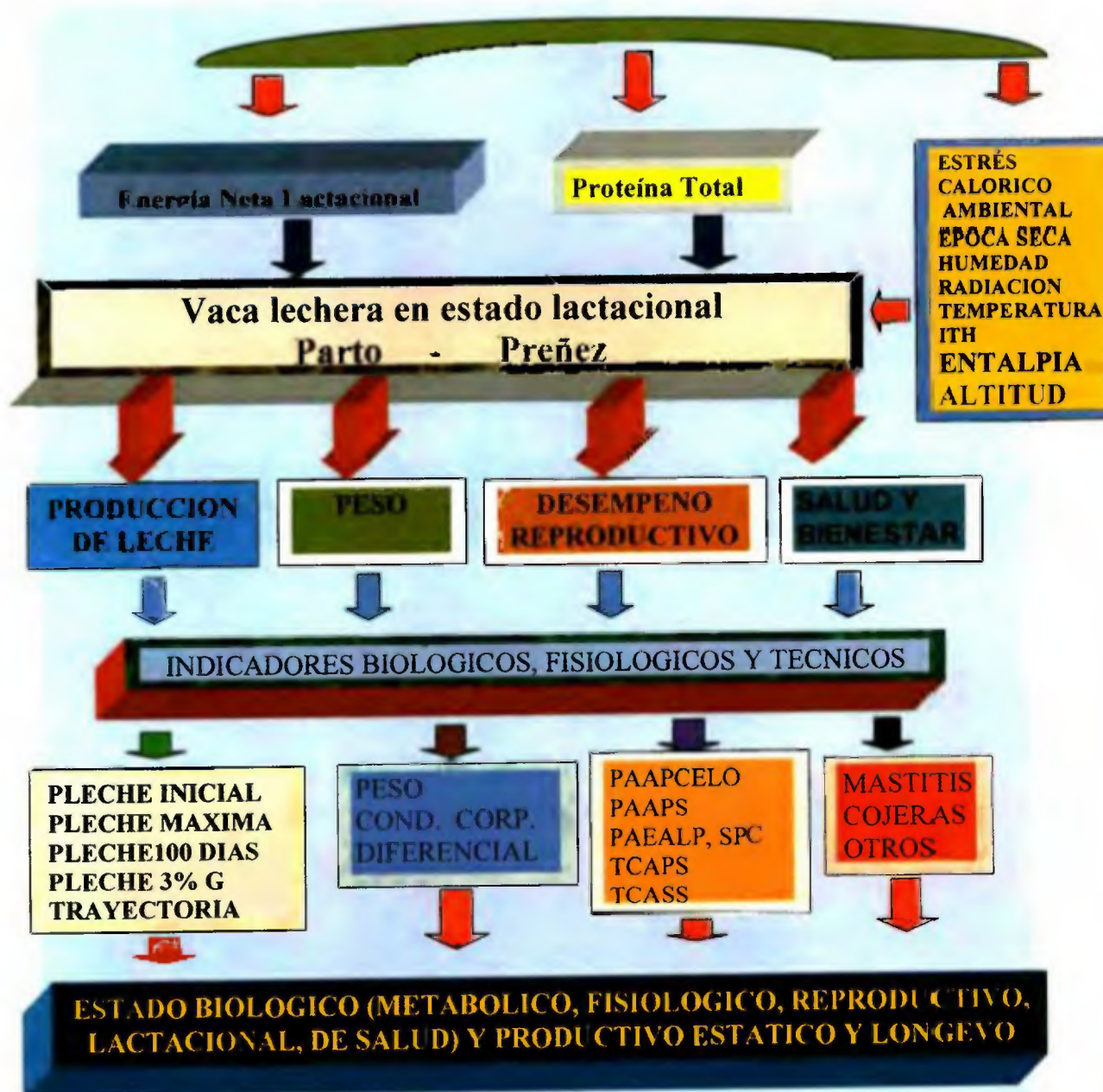
Este segmento del aparato genital provee el medio y las condiciones para acoger a nivel del cuerno uterino el producto de la fecundación, permitir su implante y contribuir en el desarrollo embrionario y fetal (NRC, 1989, 2001, Senger, 1997; Wattiaux, 2004).

Los requerimientos nutricionales pueden ser comprimidos según el peso corporal y la producción de leche; aplicando los ajustes por locomoción y temperatura ambiental, a partir de lo cual se indica la magnitud del requisito de Energía Neta lactacional, Proteína Total, Calcio y Fósforo (NRC, 1989) ver Esquema VI

En la tabla XVII se indican los requerimientos nutricionales para vacas entre 450 y 650 kg con una producción de leche de 5 a 25 kg/día, incluyendo el incremento energético por locomoción y estrés calórico tropical (Araúz, 1995); adaptados del NRC (1989) No obstante, los requerimientos nutricionales también se encuentran estructurados para la vaca gestante cuando la misma no se encuentra en producción

En el cuadro XVIII se muestran los requerimientos nutricionales para las vacas en gestación en los últimos dos meses y por ende los mismos están referidos al periodo seco o fase de descanso prelactacional de acuerdo con la NRC (1989, 2001) y Miller (1989); destacando las vacas primerizas y multíparas, en base al factor de ajuste por crecimiento.

Esquema VI: Relación de los requerimientos de energía neta lactacional y proteína sobre la proyección del desempeño reproductivo y lactacional



Fuente: Araúz, 2006.

Los requerimientos nutricionales son trasladados a la composición de la dieta; la cual se encuentra marcada según la producción de leche y los factores

bromatológicos y nutricionales propiamente en base a la NRC (1989, 2001). Las principales diferencias se marcan para las clases por producción de leche; estableciendo los siguientes rangos, 14 a 29, 29 a 57, 43 a 86 y 58 a 114 lb/día como se establece en el cuadro XIX

Cuadro XVI: Requerimientos nutricionales diarios de la vaca lechera según el mantenimiento corporal y la producción de leche por kilogramo y la grasa láctea

Mantenimiento Peso Corporal (kg)	ENeta Leche (Mcal)	Energía Metabolizable (Mcal)	Proteína Total (g)	Calcio (g)	Fósforo (g)
400	9 30	15 26	890	26	16
450	10 16	16 66	973	30	18
500	11 00	18 04	1053	33	20
550	11 81	19 37	1131	36	22
600	12 61	20 68	1207	39	24
650	13 39	21 96	1281	43	26
700	14 15	23 21	1355	46	28
750	14 50	24 44	1427	49	30
800	14 90	25 66	1497	53	32
Grasa Láctea (%)					
3 0	0 64	1 07	78	2 73	1 65
3 5	0 69	1 15	84	2 97	1 83
4 0	0 74	1 24	90	3 21	1 95
4 5	0 78	1 32	96	3 45	2 13
5 0	0 83	1 40	101	3 09	2 25
5 5	0 88	1 48	107	3 93	2 43

Fuente: National Research Council, 1989

Las principales diferencias para estos grupos por producción incluyen; fibra cruda y afines, proteína total, densidad energética y calcio y fósforo. No

obstante, el incremento de la producción de leche impacta también los otros factores nutricionales, por lo cual se precisa los ajustes en la cantidad de la dieta a utilizar. Las tablas de la NRC al 2002 incluyen varios ajustes que facilitan el manejo nutricional durante la fase lactacional. Es preciso indicar que los requerimientos para manutención no incluyen los ajustes por caminata y estrés calórico cuando ocurre durante la época seca.

Cuadro XVII: Requerimientos nutricionales para la producción de leche en vacas con Peso entre 450 y 650 Kg y una producción láctea entre 5 y 25 Kg/día en condiciones de pastoreo bajo el trópico húmedo

Producción de Leche		Requerimiento Nutricional Diario	Peso Corporal (Kilogramos)		
KG	LB		450	550	650
5	11	Energía Neta Lactacional (Mcal)	12 44	13 94	15 44
		Proteína (g)	761	806	848
		Calcio (g)	32 9	36 9	40 9
		Fósforo (g)	22 2	26 2	30 2
10	22	Energía Neta Lactacional (Mcal)	15 89	17 39	18 89
		Proteína (g)	1181	1226	1268
		Calcio (g)	47 7	51 7	55 7
		Fósforo (g)	31 3	34 3	38 3
15	33	Energía Neta Lactacional (Mcal)	19 34	20 84	22 3
		Proteína (g)	1601	1646	1688
		Calcio (g)	62 6	66 6	70 55
		Fósforo (g)	40 5	44 5	48 5
20	44	Energía Neta Lactacional (Mcal)	22 75	24 29	25 75
		Proteína (g)	2021	2066	2108
		Calcio (g)	77 4	81 4	85 4
		Fósforo (g)	49 6	53 7	57 7
25	55	Energía Neta Lactacional (Mcal)	26 24	27 74	29 24
		Proteína (g)	2441	2486	2528
		Calcio (g)	92 3	96 3	100 3
		Fósforo (g)	58 8	62 8	66 8

Fuente Adaptado por Araúz (1995) según los valores referenciales de los requerimientos nutricionales del ganado lechero (NRC, 1989), ajustados por locomoción y estrés calórico

Cuadro XVIII Principales requerimientos nutricionales diarios de la vaca y la vaca primeriza de las razas pesadas durante los dos últimos meses de la gestación

Peso Corporal (kg)	Categoría de la vaca según los partos	Energía Neta Leche (Mcal)	Energía Metabolizable (Mcal)	Proteína Total (g)	Calcio (g)	Fósforo (g)
400	Múltipara	9 30	15 26	890	26	16
	Primípara	11 16	18 31	1068	31 2	10 2
450	Múltipara	10 16	16 66	973	30	18
	Primípara	12 19	19 99	1168	36	22
500	Múltipara	11 00	18 04	1053	33	20
	Primípara	13 20	21 65	1264	40	24
550	Múltipara	11 81	19 37	1131	36	22
	Primípara	14 17	23 24	1357	43	26
600	Múltipara	12 61	20 68	1207	39	24
	Primípara	15 13	24 82	1448	47	29

Fuente National Research Council (NRC), 1989.

En la publicación mas reciente del Consejo de Investigación de los Estados Unidos se ha publicado algunos de los cambios en los requerimientos nutricionales, destacando en primer lugar que el consumo de materia seca en la vaca de leche cambia drásticamente en las primeras 15 semanas de la lactación.

La combinación de las ecuaciones generadas por Rayburn y Fox (1993) y Roseler et a , (1997) para calcular el consumo de materia seca (CMS) en

cualquier estado lactacional y para vacas de todas las edades, la cual en la siguiente expresión

$$\text{CMS (kg/día)} = (0.372 \times \text{LCG4\%} + 0.0968 \times \text{PV}_{\text{kg}}^{0.75}) \times (1 - e^{(-0.192 \times (\text{SL} + 3.67))})$$

Donde:

LCG4 = leche corregida por grasa al 4% E = 2 71828

SL = Semana de la lactación PV = Peso vivo en kg

Los cambios más marcados ocurren en las primeras 20 semanas de la lactación, aunque en las primeras 12 semanas se produce el ajuste de incremento gradual para alcanzar el máximo apetito posible en la vaca de leche (McCullough, 1997, NRC, 2001) Por ejemplo, una vaca a 1, 4, 8 y 12 semanas que pesa 575, 570, 562 y 550 kg con una producción de leche al 4% de grasa de 18, 26, 24 y 20 kg/día tiene un consumo de materia seca ajustado de 10 69, 16 99, 17.97 y 13 57 kg de materia seca.

El requerimiento de EN_i para mantenimiento es igual al planteado por la NRC (1989), pero es preciso hacer los ajustes pertinentes por locomoción y estrés calórico La EN mantenimiento es $0.08 \text{ PV}_{\text{kg}}^{0.75}$; pero los ajustes pueden ser de 10 a 30% según la caminata y el grado de estrés calórico por temperatura ambiental (NRC, 2001)

Cuadro XIX: Composición referencial de la dieta para vacas lecheras en base a la materia seca y según la producción lechera diaria

Parámetros Nutricionales y de Alimentación en base a la materia seca	Rango de la Producción de Leche (lb/día)			
	14 – 29	29 – 57	43 – 86	58 – 114
Energía Neta Láctea (Mcal/lb)	0 65	0 69	0 73	0 78
Energía Metabolizable (Mcal/lb)	107	1 16	1 25	1 31
Proteína Total (%)	12	15	16	17
Fibra Total (%)	17	17	17	17
Fibra Acido Detergente (%)	21	21	21	19
Fibra Neutro Detergente (%)	28	28	28	25
Grasa (%)	3 (Min)	3 (min)	5 (máx)	6 (máx)
Calcio (%)	0 43	0 53	0 60	0 65
Fósforo (%)	0 28	0 34	0 38	0 42
Magnesio (%)	0 20	0 20	0 20	0 25
Potasio (%)	0 90	0 90	0 90	1 00
Sodio (%)	0 18	0 18	0 18	0 18
Cloro (%)	0 25	0 25	0 25	0 25
Azufre%)	0 20	0 20	0 20	0 20
Hierro (ppm)	50	50	50	50
Cobalto (ppm)	0 10	0 10	0 10	0 10
Cobre (ppm)	10	10	12	15
Manganeso (ppm)	40	40	40	50
Zinc (ppm)	40	40	0 30	60
Yodo (ppm)	0 60	0 60	0 60	0 60
Selenio (ppm)	0 30	0 30	0 30	0 30

Fuente: National Research Council (NRC, 1989)

El manejo nutricional apropiado de la vaca en producción requiere que se efectúen los ajustes en la alimentación sobre la base del alimento concentrado por producción y según la disponibilidad del forraje verde tal como se puede observar en el cuadro XX, lo cual aplica para los modelos de alimentación con pastoreo

Cuadro XX. Requerimiento de alimento concentrado diario según la disponibilidad y consumo de pasto efectivo y el potencial lechero de la vaca o grupo de vacas por producción en Panamá

Peso Corporal	Disponibilidad y Consumo de Forraje Verde (% pv)		Producción de leche (kg/día)				
			10	15	20	25	30
500 kg (1102 lb)	3.5 (Muy Baja)	C	14	19	23	27	32
	5.5 (Baja)	O	11	16	20	24	28
	7.5 (Muy Buena)	N	8	13	17	21	25
	9.5 (Excelente)	C	5	9	15	18	22
550 kg (1212 lb)	3.5 (Muy Baja)	E	15	19	24	28	33
	5.5 (Baja)	N	11	15	20	24	30
	7.5 (Muy Buena)	T	8	12	18	20	25
	9.5 (Excelente)	R	4	8	13	17	22
		A					
600 kg (1322 lb)	3.5 (Muy Baja)	D	16	20	25	29	34
	5.5 (Baja)	O	11	16	20	24	31
	7.5 (Muy Buena)	LB/	7	11	16	19	25
	9.5 (Excelente)	DIA	0	7	12	16	22

Fuente. Araúz, (1997)

Las fincas que tengan una mayor disponibilidad de forraje verde utilizarán menos alimento concentrado para sus vacas en producción y en consecuencia

sus costos de producción serán menores; aumentando la rentabilidad del sistema propiamente.

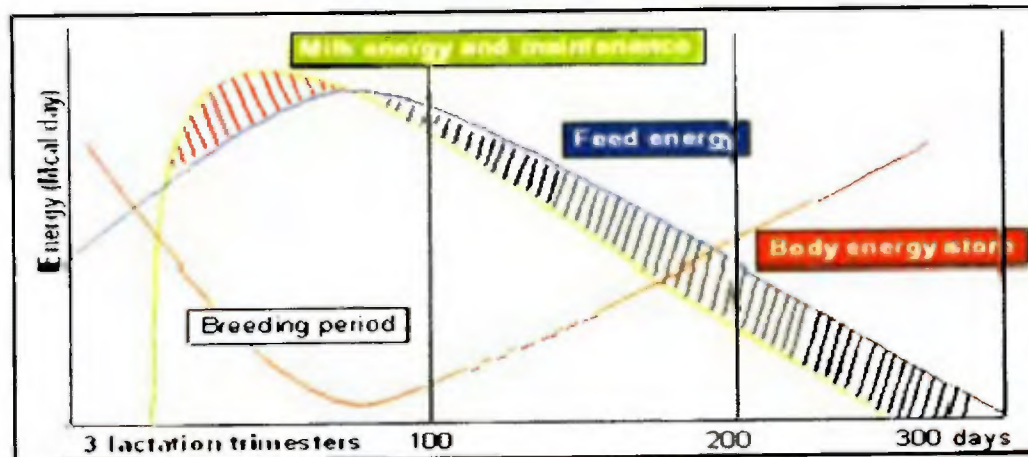
Figuras 10: Formas de suplementación con ensilaje, heno, melaza y granos



Fuente: Araúz, (2006).

La suplementación figura 11 se define tomando en cuenta el balance energético y el potencial lechero tal como ocurren los cambios en el potencial lechero (ver figura 11) a continuación.

Figura 11: Cambios en el requerimiento de energía para el mantenimiento y la producción a través de la lactación



2.9. Modelo de alimentación para la vaca de leche en lactación

La plataforma de alimentación en la finca especializadas de Panamá se basa en el uso de pasto verde mediante el pastoreo, alimento concentrado y en menor medida el uso de formas suplementarias como el ensilado, heno, pasto de corte, minerales, premezclas vitamínica, levaduras y grasas de sobrepaso ruminal. (Araúz, 2007). Sin embargo, el sistema mas popular de alimentación en nuestro medio es el pastoreo directo, mas el empleo de concentrado, esto se fundamenta en la mayor conveniencia para el productor con el menor esfuerzo fisico posible, no obstante genera múltiples deficiencias nutricionales y económicas a medida que el potencial genético de los animales se incrementa.

2.9.1. Forrajes

Como sistema de producción en el trópico se destaca la utilización de pastos verde principalmente en pastoreo, principalmente en la época de lluvias. Un factor limitante sobre el uso de pastos verdes es su baja disponibilidad (menos del 6% del peso vivo) (Araúz, 1999, Guillen, 2005), además de su composición nutricional y valor nutricional propiamente. Las variaciones climáticas en el país imponen una estacionalidad en la producción de pasto, tanto en su volumen como en su calidad. De esta manera por ejemplo en época de lluvias la producción de biomasa es alta sin embargo, el valor nutricional se ve afectado principalmente por un bajo contenido de materia seca que generalmente se encuentra por debajo del 20% (Guillen, 2005), y que ocasiona una sensación de llenado en el rumen de la vaca. Pero, los requisitos nutricionales no son suplidos por el gran contenido de agua del forraje, manifestándose este déficit nutricional en una baja producción de leche.

La producción de leche en el trópico obedece a que los pastos tropicales son fibrosos y poseen una digestibilidad mediana o baja (Minson y Mcleod, 1970), también, el principal nutriente limitante en los trópicos es la energía, de igual manera sucede con la proteína, que una vez que se encuentre disminuyendo en los pastos, debe esperarse un descenso en la producción de leche, asociado por una reducción del consumo, debido a una menor tasa de

digestión, resultado de una ingestión de nitrógeno por debajo de las mínimas requeridas por las poblaciones microbianas (Davis, 1991). Si la vaca no tiene restricciones de forraje, la producción de leche por animal está determinada por la calidad del forraje disponible. Los pastos en el trópico presentan una digestibilidad de alrededor de 13 unidades por debajo de los pastos de zonas templadas (Stobbs, 1975).

El contenido de proteína de los pastos tropicales también es inferior a los forrajes de zonas templadas. Además, debido a la mayor cantidad de fibra de los forrajes en el trópico, la retención de estos en el canal digestivos de los animales se prolonga, lo que ocasiona que el consumo de alimento por los animales disminuya (Ugarte, 1988). Finalmente, la densidad de forraje de los pastos tropicales es menor, lo que ocasiona que los animales en pastoreo requieran de más tiempo para la cosecha de los alimentos (Stobbs, 1975). Por todo lo anterior, las vacas lecheras en el trópico después de llenar sus requisitos de manutención, disponen de una cantidad de nutrientes limitada para la producción de leche.

Es evidente que la actividad locomotora juega un papel importante en las necesidades de nutrientes ya que en Panamá no se utiliza la estabulación como modelo de alimentación, el pastoreo tiene un costo energético que oscila entre el 15 y 30% por encima de los requerimientos para el mantenimiento corporal (Yousef, 1985; Araúz, 2002). Esto amplía la reducción del margen de

energía neta lactacional disponible en el animal para efectuar la producción de leche, reduciendo la producción y la respectiva eficiencia energética y alimentaría

Es preciso indicar que el potencial de los pastos tropicales para la producción lechera es aceptable en el trópico siempre y cuando su manejo sea apropiado, pero el mismo es afectado marcadamente por la época de lluvias y seca en su composición bromatológica, disponibilidad y digestibilidad. Es por ello que la conservación de forraje jugara un papel preponderante en los futuros sistemas de producción nacional, alternativas como el ensilaje, heno y subproductos de cosecha o incluso los mismos pastos que se utilizan para la alimentación convencional debe de incorporarse de una manera más dinámica al modelo de alimentación lechera de Panamá (Araúz, 2005)

El mismo autor señala que son múltiples las fallas en alimentación de forrajes en Panamá. Entre las cuales se pueden mencionar:

- ♣ Variación en la digestibilidad anual del pasto verde
- ♣ Bajo índice del consumo de materia seca procedente del forraje
- ♣ Bajo contenido de materia seca y alta humedad en los pastos
- ♣ Bajo contenido de carbohidratos estructurales en la dieta
- ♣ Bajo contenido de proteína total en los forrajes
- ♣ Alimentación basada en forraje verde

- ♣ Limitantes minerales en la dieta Calcio, Fósforo, Potasio, Sodio, Azufre, Cobre, Zinc, Iodo, Selenio

2.9.2. Concentrados

Una adecuada alimentación con concentrados involucra primeramente el mantener una buena relación forraje concentrado y los niveles de carbohidratos no fibrosos en la dieta (Grant, 1996) Los carbohidratos no fibrosos o solubles en la dieta deben de estar en un rango de 20 a 45%. Para obtener los mejores rendimientos, las vacas en producción no deben recibir más del 40% de la materia seca en forma de concentrado, y el diferencial sería en forma de forrajes o alimentos groseros (Schmidt y Van Vleck, 1974)

Los concentrados son por regla general el producto de una mezcla de granos y derivados industriales los cuales presentan un estado físico suelto, con alta palatabilidad y aroma y con alto contenido de materia seca y densidad de nutrientes, sin embargo el grado de utilización de estos debe estar basada en una justificación nutricional, digestiva y económica. La dependencia del concentrado en fincas especializadas en Panamá es alta. Guillen (2005) en fincas de Chiriquí, menciona una relación del 32 al 55% del total de materia seca en forma de concentrado Sin embargo, la administración de más del 50% de la materia seca en forma de concentrado solo se justifica cuando la

producción láctea sea mayor a 50 kg./vaca/día dadas las demandas de energía neta y proteína propiamente (Araúz, 2001).

También, existen disponibilidad de otros ingredientes que pueden ser utilizados como parte de la ración del ganado lechero en nuestro medio tales como. melaza, pulidura, sorgo, afrecho de cervecería, grasa vegetal, harina de coquito, citropulpa, frijol, afrecho piña etc. Entre todos estos la melaza es la más popular, debido a su palatabilidad y disponibilidad. Esta se puede utilizar entre 1.0 a 3.0 lb /vaca/día dependiendo del sistema de alimentación y de los ingredientes de la ración, es una fuente de azúcares digeribles, potasio, hierro, zinc y posee una densidad energética relativamente alta.

Las fincas lecheras grado A de Panamá muestran una variación considerable en el manejo nutricional y alimentario con relación al uso del alimento concentrado. Un estudio por González et al , (2007) en la Provincia de Chiriquí evidenció que la cantidad de alimento concentrado por vaca – día promedio fue 17.1 lb con una variación de 21.81%, lo que en parte representa los ajustes que mantienen las fincas para mantener una producción de leche estable para un promedio de producción de 19.27 kg/vaca – día (ver cuadro XXI), compensando con ello los problemas y las limitaciones en producción y disponibilidad de forraje verde.

Esto sugiere una tasa de alimento concentrado por kilogramo de leche de 0.89; que corresponde a una baja cantidad de alimento por producción y en consecuencia la vaca esta presionada metabólicamente a utilizar sus reservas corporales con mayor intensidad en sus primeros 90 a 120 días de la fase de producción. De allí, que se recomienda el uso de la regla de 1.0 lb de concentrado por kilogramo de leche como regla de protección nutricional para la vaca en producción, para mantener la fertilidad y contribuir al buen desarrollo fetal propiamente (Miller, 1989, Lucy, 2003)

El potencial nutricional de los sistemas de producción lechera ha sido considerado de carácter limitante para sostener los requerimientos nutricionales cuando la producción diaria supera los 25 kg/día; en especial durante la época seca y cuando la carga animal conduce a un consumo de forraje verde menor al 6 0% del peso vivo (Araúz, 2006). Esto se confirma con el estudio de Montero et al , (2006) donde se encontró que la producción de leche aumentó apreciablemente en las fincas lecheras grado A experimentales cuando se realizaron los ajustes en la dieta y la alimentación para favorecer una mayor producción en base a un mayor ofrecimiento de materia seca, energía neta y proteína para las vacas primerizas como indicadores de mayor sensibilidad al ajuste nutricional.

El incremento del plano nutricional energético y proteico favorece el incremento de la producción de leche sin deteriorar la reproducción en las vacas primerizas

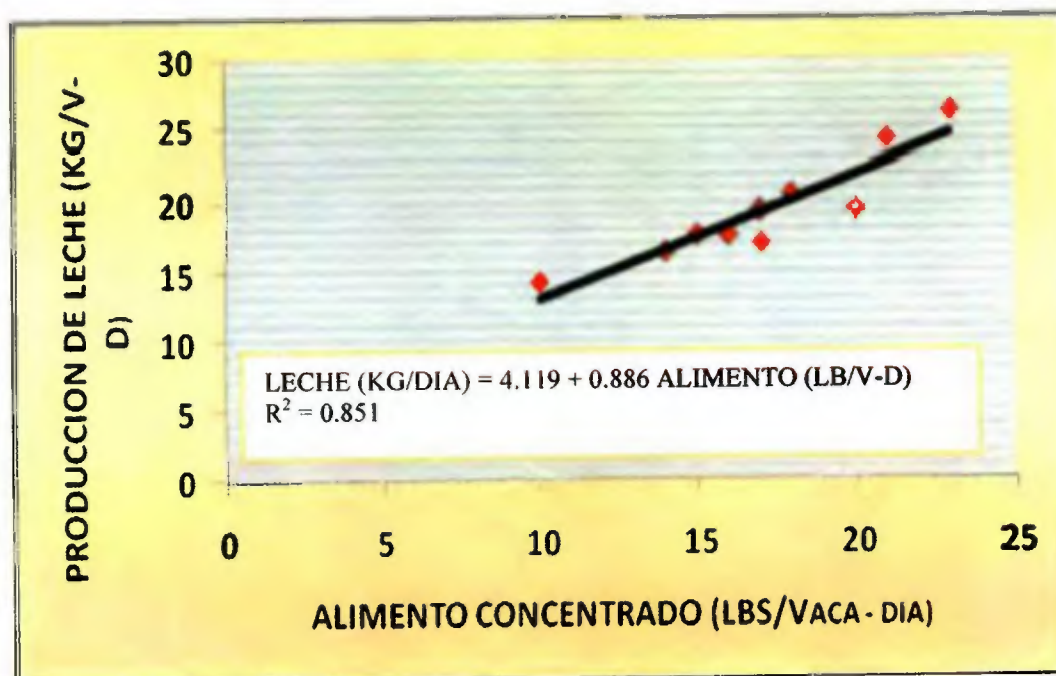
(ver cuadro XXII y Gráfica X), lo que confirma la necesidad de mejorar la calidad nutritiva de la dieta lactacional (Araúz, 2009) La calidad de la dieta determina en gran medida la producción de leche como indica Miller (1989) no solo a nivel experimental, sino también en la práctica de las explotaciones lecheras especializadas

Cuadro XXI: Principales componentes diarios de la dieta y producción de leche en vacas durante los primeros 120 días en las fincas lecheras evaluadas

Finca	Pasto (% peso vivo)	Concentrado (lb/vaca-día)	Producción de Leche en 120 días (Kg/Día)
Doña Evita (1)	6 83	21	24 18
Tres Reinas (2)	5 65	10	14 35
Camaroncito (3)	6 20	15	17 57
La Llave (4)	6 50	14	16 39
Buena Vista (5)	6 00	20	19 49
San Cristóbal (6)	5 70	18	20 48
El Higo (7)	6 20	16	17 55
Los Pinos (8)	7 00	17	19 40
Ojo de Agua (9)	6 85	23	26 10
La Corona (10)	5 00	17	17 14
Media	6 19	17 1	19 27
D E	± 0 63	± 3 73	± 3 58
C V %	10 18	21 81	18 58

Fuente: González E et al., 2007

Gráfica X: Influencia del alimento concentrado sobre la producción de leche promedio en fincas lecheras especializadas en Panamá.



Fuentes: González E. et al., (2007); Araúz, E. E. (2008).

Los estudios en las fincas lecheras, bajo los sistemas tropicales con prevalencia en el pastoreo como en Panamá, indican que de los componentes de la dieta; el alimento concentrado es el más influyente en la producción de leche diaria ya que este representa la fuente de energía y proteína (Bath *et al.*, 1986). Por lo general, la relación entre el uso del concentrado y la producción de leche es lineal. En la gráfica se muestra cómo influye el uso ponderal del alimento concentrado con respecto a la producción de leche diaria.

Cuadro XXII: Medias de los parámetros lactacionales en vacas primíparas según la raza y el sistema de alimentación por potencial lechero energético y proteico

Componentes de la Dieta y Aporte Diario Nutricional para las vacas en producción.	I (Potencial Bajo)		II (Potencial Medio)		III (Potencial Alto)	
	PS	HS	PS	HS	PS	HS
Pasto verde (lb/vaca)	49.20		71.50		62.70	
Alimento Concentrado (lb/vaca)	10.00		16.00		18.00	
Materia Seca (lb/vaca)	21.97		33.51		38.07	
Fibra Total (lb/vaca)	4.53		7.26		8.30	
Proteína Total (g/vaca)	1275		2012		2498	
ENlactacional (Mcal/vaca)	16.48		22.47		27.66	
Calcio (g/vaca)	208.92		211.10		199.76	
Fósforo (g/vaca)	123.94		161.00		156.18	
Potencial Lechero Energético (kg/día)	10.77		17.34		24.38	
Potencial Lechero Proteico (kg/día)	11.21		18.50		22.69	
Parámetros Lactacionales	PS	HS	PS	HS	PS	HS
Producción de leche inicial (kg/v-d)	9.2	10.4	12.8	14.1	12.7	16.9**
Producción Máxima (Kg/v-d)	12.4	13.35	17.7	18.5	19.3	22.3**
Tiempo al máximo de producción (días)	40.1	42	34.7	37.7*	34.5	41.1*
Duración al techo lactacional (Días)	14	14	21	21	28	28
Producción de leche al cierre (kg/v-d)	6.82	6.62	9.57	9.71	9.17	11.28
Producción a los 305 días (kg)	2675	2847*	4422	4605*	5223	5672*

PS: PARDO SUIZO HS: HOLSTEIN

Fuentes: Montero E. (2006); Araúz et al., (2009).

Gráfica XI: Producción de leche en 305 días en vacas de la raza Pardo Suizo y Holstein en los sistemas de alimentación con

potencial lechero energético bajo, medio y alto.



Fuente: Araúz et al., 2009.

Finalmente, el manejo apropiado de la vaca lechera durante la lactación requiere que se contemple los cambios que ocurren en el consumo de materia seca, producción láctea, uso de las reservas corporales, peso corporal y sistema digestivo y medio ruminal como centro de procesamiento digestivo y de absorción. Los primeros 90 a 120 días, se debe utilizar las reservas corporales para balancear las necesidades de energía con un apetito en transición; sin embargo, esto conduce a producir un balance energético lactacional temprano más negativo; cuyos efectos repercuten a mediano y largo plazo sobre otras funciones como la reproducción y la propia trayectoria de la curva de lactación (Butler y Smith, 1989).

2.9.3 Minerales y Vitaminas

Los modelos de alimentación actuales en su mayoría suministran sales minerales y vitaminas a libre consumo y, generalmente mezclada con sal común. Sin embargo, las necesidades de minerales y vitaminas para vacas de leche son altas (NRC, 1989, 2001), y esta metodología de suministro de minerales no cumple con los requerimientos mínimos de minerales, imponiendo un obstáculo para la producción de leche. Por otro lado el aporte de minerales de los forrajes es deficiente (Samudio, 1997), ocasionando esto un balance negativo entre la ingesta de minerales y la demanda de los mismos y reflejándose en bajas producciones de leche y una marcada deficiencia en los índices reproductivos.

2.9.4. Aditivos alimenticios

Existen actualmente en el mercado numerosos aditivos para la alimentación de vacas lecheras entre los que se pueden mencionar amortiguadores de PH, secuestrantes de micotoxinas, grasas protegidas, aminoácidos protegidos, levaduras, prebióticos, probióticos, vitaminas, cepas de bacterias benéficas, entre otros. La utilización de cada uno de estos componentes debe de estar basada en análisis nutricionales y económicos que sustenten la utilización de estos en los modelos de producción. Sin embargo, la adición de aditivos como complemento en los diferentes modelos de producción es limitada en Panamá.

Araúz (2006) menciona, que el efecto del estrés calórico sobre el comportamiento productivo y reproductivo es de importancia y como tal se deben considerar algunas estrategias sobre los modelos de nutrición y alimentación de la vaca lechera en el trópico. Estos incluyen

1. Agrupar según las necesidades nutricionales por producción de leche para mantener una suplementación racional y económica con énfasis en consumo de forraje verde, consumo de concentrado y algunos otros ingredientes para satisfacer el requisito de materia seca, proteína, energía neta y otros como minerales y vitaminas
2. Incorporar el uso de la grasa pasante durante la época seca en presencia efectiva del estrés calórico para facilitar la ingesta de energía cuyo origen no sea en base a los carbohidratos estructurales. Normalmente, se puede emplear entre 0.75 y 1.5 lb de grasa pasante por animal dependiendo de la producción de leche
3. Utilizar la melaza como fuente de carbohidratos de fácil acceso digestivo y utilización por las bacterias ruminales, como fuente de minerales y mejorador de la palatabilidad en aquellos ingredientes como heno y ensilaje que forman parte de la suplementación alimentaria en la época seca. Se puede utilizar entre 1.5 y 2.5 lb de melaza por vaca en forma conjunta con aquellos ingredientes fibrosos

- 4 Incrementar la densidad energética de la ración o bien trabajar con un incremento en la energía metabolizable, lo cual se logra con grasa, granos y otros suplementos energéticos
- 5 Incrementar la relación del alimento concentrado por kilogramo de leche entre 10 y 25% en los grupos de vacas con producciones de entre 15 y 35 kg/día en condiciones tropicales para favorecer el consumo de energía y proteína aun en condiciones de la época seca.
6. Incrementar el contenido de potasio en la ración hasta en 1.2% de la materia seca para compensar las pérdidas en la leche, sudoración y orina propiamente cuando la disponibilidad en forraje es baja y el grado de tensión calórica es alto.
- 7 Suministrar una suplementación incluyendo heno, melaza, concentrado, melaza y otros aditivos para que se oferten en forma conjunta y beneficien el trabajo de las bacterias en el medio ruminal; así como al suministro de nutrientes para la vaca propiamente
- 8 Utilizar levaduras o cultivos derivados de levaduras para facilitar las condiciones del medio gastrointestinal y el normal desarrollo de los procesos de digestión y absorción que resultan críticos para la vaca lechera con cierto grado de estrés calórico y que se facilitan con éste tipo de aditivo en la ración

9. Garantizar la buena disponibilidad de agua fresca en las áreas de pastoreo y en las salas de alimentación y espera, para asegurar el consumo apropiado y que ello no se convierta en una limitante de los procesos de la digestión y absorción y de la capacidad termorregulativa de la vaca en lactación
- 10 Emplear la suplementación combinando la misma con el uso del mejoramiento micro ambiental ya sea natural ó artificial y en particular para las horas del día cuando se produzca la mayor tensión calórica según la finca y el área geográfica propiamente
- 11 Mantener un suministro constante de sal mineral, ahora como fuente de sodio y cloro, además de aquellos macro y oligoelementos requeridos durante la lactación
- 12 Suplementar parenteralmente las vacas en producción con vitaminas liposolubles y con los minerales como el fósforo, selenio, Iodo, Zinc, Hierro, Cobre y Cobalto dados sus implicaciones en el metabolismo y la reproducción.
- 13 Utilizar una ración cuyo diferencial Anión-catión sea entre + 25 a + 45 para las vacas en producción
- 14 Si se utiliza ensilaje, es apropiado emplear el buffer mixto a razón de 2 a 3 onzas de Bicarbonato Sódico por cada 1 a 1 5 onzas de Oxido de Magnesio para facilitar el funcionamiento del rúmen y evitar la acidosis ruminal

2.10. Sistemas de biorregistros y base de datos con valor biológico

Los registros son todos los eventos que pertenecen al desempeño biológico y del manejo de la vaca desde su definición como unidad genética para la producción lechera. En consecuencia, es preciso evaluar el contenido del registro individual y colectivo en la finca para detectar las anomalías y generar los correctivos o ajustes tecnológicos. Para ello, se precisa evaluar los animales que presentan limitaciones funcionales debido a su bajo valor genético y en aquellos que se presentan limitaciones adquiridas de tipo ambiental, las cuales de manera individual o colectiva reducen su capacidad biológica, reproductiva, lactacional y productiva en la empresa lechera.

Entre los principales eventos que ameritan un registro funcional se encuentran el nacimiento que debe incluir los progenitores, la fecha de nacimiento, la condición del parto, el número que le corresponde al animal, el sexo, el peso, la estatura y cualquier otro detalle de valor reproductivo, genético o técnico en general.

Este registro guarda una relación estrecha con los registros reproductivos y las actividades que anteceden a una gestación y el parto (Nebel, 1997). El registro de control de peso y estatura constituye otra información que permite

evaluar el manejo nutricional de las hembras de reemplazo. En este registro debe incluir el peso y la estatura, ya que ambos son indicadores que tienen diferentes aplicaciones. El peso está relacionado con la nutrición energética apropiada, sin embargo, las dietas deficientes en proteína se relacionan con una estatura subnormal. La estatura y el peso son indicadores de la calidad de la dieta; no obstante, el margen mínimo y máximo para la estatura y el peso constituye un criterio de selección temprana y está correlacionado con el desarrollo somático del animal y la condición genética racial. Cuadro XXIII (Araúz, 2010).

Cuadro XXIII Patrón del peso y estatura y meta reproductiva para las hembras bovinas de la raza Holstein y Pardo Suizo en condiciones de desarrollo ideales

Edad (meses)	Holstein ¹		Pardo Suizo ²	
	Peso (lb)	Estatura (pulgadas)	Peso (lb)	Estatura (pulgadas)
Al nacer	100	30	88	26
4	270	39	236	34
8	510	46	444	38
12	700	50	616	44
15 (Habilitación reproductiva)	815	52	735	50
18	915	53	850	52
24 (Edad al primer parto)	1130	57	1075	54

Fuente: (1) Hoard, s Dairyman (1982) (2) Araúz, E E (1999)

El peso y la estatura de las hembras para reemplazo no debe ser inferior al 80% de lo establecido por el patrón, asumiendo que la falta de desarrollo somática puede depender del aporte de la dieta y el manejo hasta en menos 20%. Este registro contribuye en la orientación de cuando se debe activar el seguimiento reproductivo y su respectivo manejo (Bath *et al.*, 1986). La implementación de la inseminación artificial de las novillas bajo el criterio de peso y no por la edad; ya que la ganancia de peso en el sistema con pastoreo es inferior al recomendado. Sin embargo, la guía de peso y estatura son esenciales para establecer el comportamiento somático y el patrón de manejo reproductivo, una vez que se alcanza el peso entre 750 y 850 en las razas de mayor tamaño, entre 635 y 725 en las razas medianas y entre 550 y 610 lb en las razas pequeñas

Entre las alternativas que el productor de leche puede utilizar para mejorar la capacidad de producción y la productividad en la empresa lechera se encuentra el beneficio que oferta el uso de la base de datos de producción, reproducción y salud; así como la información de índole genética; incluyendo el aporte de los toros con las pruebas de progenie y la producción de las progenes de vacas en la finca propiamente

El uso de los registros en la finca lechera permite la detección de los indicadores zootécnicos y relaciona las limitantes técnicas que afectan la

productividad lechera en base al patrón ideal y económico esperado. Estos indicadores son aplicados de manera individual y colectiva para generar decisiones inmediatas, y con ello, facilitar la evaluación y segregación de animales con bajo valor en producción y rentabilidad. Al mismo tiempo, se proyectan las enmiendas en el programa de manejo y seguimiento técnico. Por otro lado, los registros de la finca contribuyen en la generación de la información de valor genético para evaluar el progreso inter generacional, haciendo posible el reconocimiento de los animales de valor genético superior para mantener en la finca con miras al incremento de la productividad (Araúz, 2010)

La información funcional (capacidad lactacional, reproductiva y salud) y la base genética de los progenitores y la capacidad real de producción láctea de las vacas para definir la capacidad de transmitir la superioridad productiva a las futuras generaciones (Componente genético) deben estar incluidas en los registros individuales de la hembra bovina de leche. La productividad del hato lechero Grado A puede mejorarse entre 20 y 45% y en las fincas de baja tecnología entre 10 y 40% sobre la capacidad actual; una vez se efectúen los correctivos del manejo, el uso de los animales superiores actuales, el aprovechamiento óptimo de los recursos (suelo, pasto, área, infraestructuras, hembras efectivas, tecnología, personal obrero, técnicos y especialistas)

Los indicadores ideales u óptimos de la reproducción y el manejo pertinente incluyen. Edad al primer servicio efectivo (15 a 20 meses), Edad al primer parto (24 a 29 meses), Peso al primer servicio (750 a 850 lb), peso al primer parto (100 a 1150 lb), Peso adulto en las razas pesadas (1350 a 1650 lb), Servicios por concepción (1.25 a 1.50), Tasa de concepción (67 a 80%), Período abierto obligatorio (45 días), Período abierto electivo (45 a 105 días), Período abierto máximo (87 a 120), Muertes embrionarias (< de 3%), Longitud gestacional (270 a 280 días), Proporción de vacas en ordeño (80 a 85%), Proporción de vacas secas (15 a 20%), Capacidad de Reemplazos Efectivos (15 a 30%), Tasa de descarte anual (8 a 12%), Tasa de Reemplazo Anual (10 a 20%), Intervalo entre partos (335 a 405 días), longitud lactacional (280 a 335 días) y período de recuperación post lactacional (30 a 75 días), los cuales deben enmarcarse en el patrón reproductivo de manejo de la vaca lechera moderna (Morrow, 1983; McDonald, 1989; Senger, 1997, Nebel, 1998; Duby y Prange, 2002; Holly, 2007).

Los principales indicadores funcionales y del manejo técnico para la producción en la finca lechera Grado A con énfasis en las condiciones tropicales en pastoreo incluyen producción de leche inicial (12 a 22 kg/día), producción de leche máxima (18 a 45 kg/día), producción de leche al cierre lactacional (8 a 18 kg/día), producción de leche total por período de producción ((3500 a 8500 kg), longitud lactacional (240 a 345 días), producción de leche ajustada a 305 días

por grasa láctea a 305 días (3500 a 8000 kg), producción de leche equivalente por madurez óptima (4500 a 8000 kg), producción de leche relativa del hato (mayor al 80%) y producción de leche total mínima acumulada por longevidad en ocho lactaciones entre 28,000 y 40,000 kg; los cuales se consideran cifras referencias por eficiencia biológica y económica (Araúz, 2010)

En salud, se incluyen los registros relacionados con los indicadores de los desordenes reproductivos, mastitis, problemas pódales, enfermedades metabólicas, bacterianas, virales y parasitarias y todos aquellos procesos anormales que impactan negativamente en el desempeño biológico y productivo de la vaca lechera

Es evidente que el desempeño biológico y productivo de la vaca lechera esta determinado por la genética y los factores ambientales; no obstante, podemos utilizar el historial del animal a través de los registros biológicos para juzgar la eficiencia funcional y económica; advirtiendo la influencia del manejo como medida de ajuste. A continuación se presentan los registros que podemos utilizar para evaluar la capacidad funcional de la vaca lechera y su relevancia técnica para el manejo técnico oportuno

El sistema de bioregistro puede consistir en la tarjeta individual que se lleva manualmente y la cual debe incluir todos los aspectos de genética, crecimiento, control de salud, reproducción, producción, enfermedades y limitaciones entre los más importantes. Esta información debe ser analizada técnicamente para evaluar el desempeño biológico y estimar su valor genético en la finca. No obstante, el bioregistro computarizado está logrando avanzar en los países tropicales, mientras que en los países desarrollados ésta es una herramienta esencial para el manejo técnico y la administración de todos los recursos en la empresa lechera. Entre los programas más utilizados en se encuentran Vampp Bovino, DairyLife, DairyFlex, PCDART, DHIA y otros. Lo importante del bioregistro de la vaca lechera es llevarlo de manera actualizado, analizarlo, detectar las irregularidades y aplicarlo para desarrollar estrategias y correctivos técnicos para evitar pérdidas económicas.

Los principales parámetros que deben conformar el registro de la vaca lechera según la revisión minuciosa y los detalles ofrecidos por Araúz (2010) y Wilcox et al , (1987), relacionados con la capacidad funcional de la vaca lechera deben incluir los siguientes aspectos

- 1 El registro individual general (identificación, fecha de nacimiento, padres, abuelos, raza, indicadores del crecimiento, salud, manejo y otros datos generales)

2. Datos reproductivos (edad y peso al primer servicio, edad y peso al primer parto, servicios y toros para la inseminación artificial, partos, servicios por concepción, intervalo entre partos y período seco)
- 3 Producción de leche secuencial (cada 7 a 15 días).
- 4 Período Abierto, Período lactacional, Intervalo entre Partos y Período en Seco
5. Análisis de grasa láctea (cada 30 días)
6. Producción acumulada: 100 días, 200 y 305 días
7. Producción inicial, máxima y al cierre de la fase de producción
8. Problemas de salud fechados durante la lactación
- 9 Tratamientos y medidas especiales de manejo
- 10 Problemas y enfermedades con fecha y duración (inicial y final)

Con esta información, la base de datos de una lactación o período de producción láctea puede ser conformada de manera aditiva e integral para generar los indicadores de la producción de la leche que permiten aplicar los procedimientos cuantitativos para facilitar la evaluación fenotípica y el desempeño biológico y productivo

Entre los indicadores del desempeño de la producción láctea se incluyen los siguientes:

- 1 Producción de leche inicial (PLE inicial)
- 2 Producción de leche máxima (PLE máxima)
- 3 Producción de leche al cierre lactacional (PLE cierre)
4. Producción de leche total acumulada (PLE acumulada)
- 5 Producción de leche a los 100 días (PLE100días)
6. Producción de leche ajustada a 305 días (PLE305días)
- 7 Producción de leche a 305 días ajustada por grasa láctea (PLE305gl)
- 8 Producción de leche ajustada promedio en 305 días (PPL305)
- 9 Rendimiento de sólidos totales, grasa y proteína (RST, RGL, RPT)
- 10 Producción de leche acumulada en la vida útil.
11. Producción de leche relativa en el hato
- 12 Persistencia Láctea
- 13 Producción de Leche al 4% de grasa y a 305 días en la 3ra Lactación

Las cifras de producción deben estar asociadas con la edad de la vaca, el peso y la condición corporal al parto, de tal manera que la producción pueda ser ajustada por estos factores que no corresponden a la parte genética; pero si al manejo y al ambiente. Es posible utilizar el patrón de la grasa láctea de las razas según el estado lactacional siempre y cuando el manejo de la dieta se

encuentre dentro de las recomendaciones de la alimentación para el ganado lechero en producción según la NRC (1989, 2001) u otras normas de nutrición y alimentación debidamente acreditadas. Sin embargo, lo más prudente es establecer los patrones de la grasa láctea en cada unidad de producción o finca; ya que los mismos se encuentran bajo la influencia de las características de la ración, incluyendo consumo de materia seca, contenido de fibra, energía neta lactacional, proteína de la dieta; y en especial según el balance energético de la vaca y el estado de sus reservas corporales de acuerdo con el estado lactacional, además de la influencia genética propiamente

2.10.1. Importancia de los registros para la evaluación lactacional y reproductiva

El mejoramiento de la productividad lechera constituye un requisito fundamental para garantizar la sostenibilidad operativa, sin subestimar el incremento de los costos de producción. La producción y rentabilidad de la finca lechera pueden aumentarse mediante el manejo técnico apropiado y la corrección de los factores que limitan la aplicación de las tecnologías probadas donde se logre el mejoramiento de la selección de animales superiores por capacidad biológica de producción, adecuación de la nutrición y alimentación, mejoramiento del entorno micro ambiental, aplicación del programa de salud preventivo y uso de las estrategias para la producción de alimentos en la finca

(Araúz, 2010) La gran mayoría de todas estas pérdidas económicas pueden ser prevenidas mediante el manejo apropiado, el uso de los registros para no emplear animales con limitaciones funcionales y genéticas y/o adquiridas, con lo cual se puede aumentar la producción animal y la eficiencia económica. La estrategia es evaluar para determinar en que sector biológico y de manejo es posible incrementar la respuesta biológica por vaca dentro del ciclo reproductivo normal.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Objetivo General

Identificar los índices lactacionales y reproductivos en vacas de la raza Holstein y Pardo Suizo según el número de partos con la aplicación del ajuste por periodo de descanso y el perfil energético-proteico en lecherías especializadas (Grado A) en la Cuenca Lechera de Bugaba, Provincia de Chiriquí bajo el clima tropical húmedo premontano

3.2. Objetivos Específicos

- ♣ Efectuar la caracterización microclimático del entorno de las fincas lecheras evaluadas con énfasis especial en el estrés calórico y el bienestar de la vaca lechera durante la lactación, destacando la variación entre la época seca y lluviosa
- ♣ Identificar los descriptores de la fase de producción de leche en las primeras tres lactaciones para establecer la trayectoria de la evolución lactopoiética en vacas Holstein y Pardo Suizo.
- ♣ Determinar la magnitud y tendencia del rendimiento lácteo real y ajustado a 305 días de acuerdo con el número de los partos en forma secuencial para establecer las características biolactacionales en la vida útil de la vaca Holstein y Pardo Suizo.

- ♣ Relacionar el plano nutricional energético y proteico con el desempeño lactacional y reproductiva en la raza Holstein y Pardo suizo en fincas grado A
- ♣ Asociar el efecto de la raza (Holstein y Pardo Suizo) con los indicadores reproductivos según la producción de leche
- ♣ Evaluar la evolución de la producción de leche mediante curvas de lactancias
- ♣ Determinar el efecto de la edad al primer parto sobre la producción de leche
- ♣ Generar los indicadores reproductivos en vacas Holstein y Pardo Suizo en asociación con el número de partos
- ♣ Correlacionar los índices lactacionales y reproductivos de acuerdo con el registro computarizado incluyendo las primeras ocho lactaciones en vacas de la raza Holstein y Pardo Suizo

3.3. Hipótesis en el estudio

3.3.1. Índices lactacionales (PLReal, PL305d, PL100d, MPL, TMPL)

Ha: Los índices descriptores de la producción de leche (Producción de leche real, producción de leche a 305 días, producción de leche a 100 días y la máxima producción de leche y su tiempo postparto) son diferentes entre

la raza Holstein y pardo Suizo, y entre los primeros ocho partos del ciclo biproductivo bajo las condiciones tecnológicas de la producción lechera Grado A en el medio tropical húmedo premontano

H₀: Los índices descriptores de la producción de leche (Producción de leche real, producción de leche a 305 días, producción de leche a 100 días y la máxima producción de leche y su tiempo postparto) no son diferentes entre la raza Holstein y Pardo Suizo, y entre los primeros ocho partos del ciclo biproductivo bajo las condiciones tecnológicas de la producción lechera Grado A en el medio tropical húmedo premontano.

3.3.2 Patrón biolactacional (tendencia y magnitud) según curva de lactación

H_b: La tendencia de la producción de leche en las primeras ocho lactaciones en vacas de la raza Holstein y Pardo Suizo son diferentes del patrón biolactacional moderno en la tendencia y magnitud

H₀: La tendencia de la producción de leche en las primeras ocho lactaciones en vacas de la raza Holstein y Pardo Suizo no son diferentes del patrón biolactacional moderno en la tendencia y magnitud

3.3.3 Índices reproductivos

Ha: La producción de leche influye sobre los índices reproductivos: periodo abierto total (PAT), intervalo entre partos (IEP) y longitud gestacional (LG) en vacas Holstein y Pardo Suizo en el medio tropical

Ho: La producción de leche no influye sobre los índices reproductivos: periodo abierto total (PAT), intervalo entre parto (IEP) y longitud gestacional (LG) en vacas Holstein y Pardo Suizo en el medio tropical.

3.4. Unidades experimentales utilizadas en el estudio

Esta investigación fue realizada en cuatro fincas lecheras Grado A, ubicadas en la Cuenca Lechera de Chiriquí. Las fincas utilizadas fueron las siguientes:

- ❖ Hacienda Buena Vista ubicada en Buena Vista, hacia la vía Volcán
- ❖ Finca Cloris SA, ubicada en Potrenillos, Distrito de Delega
- ❖ Finca Tizingal, ubicada en Tizingal, después de Volcán y vía Río Sereno.
- ❖ Hacienda Carinthia S. A , ubicada en Cerro Punta.

Estas fincas están ubicadas entre Buena Vista (780 msnm) y Cerro Punta (2000 msnm). Las mismas fueron escogidas tomando como criterio los sistemas de alimentación y manejo; así como también la plataforma del seguimiento animal con registros exactos en los últimos 10 años de operación.

en la finca La accesibilidad a la base de datos de las fincas, así como también la disposición del productor para el apoyo logístico de tipo técnico y económico

3.5. Base de datos biológicos y animales experimentales

Se utilizaron registros de vacas Holstein y Pardo Suizo, con un alto potencial genético. Cada finca aportó por lo menos 800 registros de lactancias completas, estos registros fueron evaluados y ajustados por factores de sesgo variativo tales como distocia, problemas metabólicos, retenciones placentarias, mastitis, problemas pódales, tratamiento con antibiótico, intervenciones quirúrgicas, enfermedades parasitarias y condición genética racial La información de cada vaca lechera fue tabulada y ordenada de acuerdo con la raza (Holstein y Pardo Suizo), finca (1, 2, 3, 4) y el número del parto (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) Estos registros incluyeron historial reproductivo, historial lactacional y otros detalles como crecimiento, salud de ubre y manejo especial

3.6. Características y requisitos para la selección de las fincas

Las fincas seleccionadas debieron presentar características en calidad de requisitos; los cuales constituyeron condiciones esenciales para determinar la estructura básica de la matriz de datos para las vacas y su ciclo reproductivo – lactacional Los principales requisitos fueron los siguientes

- 1 Identificación animal
- 2 Registro computarizado
- 3 Patrón del manejo zootécnico estable.
- 4 Estado racial definido (raza Holstein y Pardo suizo)
- 5 Seguimiento de la unidad animal
- 6 Ordeño mecanizado
7. Manejo técnico reproductivo
8. Estratificación de la dieta para vacas en producción.
- 9 Adecuación de la dieta por producción de leche
10. Programa integral sanitario
- 11 Pastoreo rotacional.
- 12 Servicios por inseminación artificial.
- 13 Doble ordeño diario mecanizado
- 14 Examen de leucosis, brucelosis y tuberculosis
- 15 Manejo de pastura ligado a fertilización
16. Pesaje de leche mínimo cada 15 días.
- 17 Control de los servicios para evitar consanguinidad.

3.7. Base de datos

Se utilizó la información almacenada en los sistemas de registros computarizados (VAMPP y DAIRY LIVE), recopilada desde enero del 2000 hasta enero del 2010. Se hizo énfasis en los indicadores de la fertilidad de la

vaca, producción lactacional y manejo nutricional. Además, aquellas variables que pudieron ocasionar variación o sesgos; como por ejemplo (época de parto, mes de parto, número de lactancia y edad al primer parto) fueron tomadas en cuenta. La base de datos fue revisada y ajustada por aquellos factores que afectan directa o indirectamente los indicadores de fertilidad, tales como mastitis (Schrick et al., 2001), problemas podales (Meléndez et al., 2002), enfermedades parasitarias (Araúz, 1999), enfermedades metabólicas como hipocalcemia, fiebre de leche y retención placentaria.

La base de datos fue conformada a partir de toda la información de cada vaca con su clasificación según la finca, raza y parto. Se incluyó la información del medio físico, el perfil nutricional proximal, las características del animal, los parámetros reproductivos y lactacionales propios para el estudio.

3.8. Parámetros dependientes a evaluar

En el estudio se incluyeron las siguientes variables dependientes, las cuales fueron clasificadas en Microambientales, alimentarias y nutricionales, lactacionales y reproductivas. Los indicadores del microambiente y de la alimentación y nutrición fueron utilizados para reconocer las condiciones en que las vacas debieron desenvolverse reproductiva y lactacionalmente.

3.8.1 Parámetros ambientales

Las variables de repuestas de importancia desde el punto de vista de estrés calórico para el ganado lechero que se incluirán en el estudio incluyeron: Temperatura ambiental que se midió utilizando un termómetro digital y la humedad relativa (%), según lo descrito por Curtis (1981)

La toma de los datos micro climáticos se realizó en la época seca y lluviosa e incluyó los siguientes indicadores.

- 1 Temperatura ambiental (mínima, máxima y promedio)
- 2 Humedad relativa (mínima, máxima y promedio)
- 3 Altitud.
4. Radiación Solar Directa (mínima 9:00 am, máxima y promedio)
- 5 ITH mínimo, ITH máximo y promedio
- 6 ITH ajustado por radiación solar directa y velocidad del viento
- 7 Entalpía ambiental mínima, máxima diurna y promedio

3.8.2 Parámetros alimenticios y nutricionales

Se analizaron los componentes alimenticios de la dieta en cada finca, con especial atención al periodo lactacional. Se procedió a establecer el consumo de forraje verde, consumo de materia seca (MS), relación de materia seca concentrado- forraje, consumo fibra cruda total, consumo de Energía Neta

Lactacional, consumo de proteína, calcio y fósforo Los consumos fueron establecidos conociendo el tipo de ingrediente, la bromatología, el consumo ponderal y el ajuste por humedad En consecuencia, el estudio incluyó la evaluación bromatológica, el nivel de ofrecimiento y el aporte de nutrientes respectivamente. De igual manera se calcularan los requerimientos nutricionales de los animales en producción según la NRC (1989 y 2001), incluyendo los ajustes por locomoción, temperatura ambiental y crecimiento para los animales de 1^{er} y 2^{do} parto en base a niveles de producción secuencial en la zona crítica de la lactación (primeras 16 semanas después del parto)

3.8.3 Componentes de la dieta

Los componentes de la dieta utilizados en las diferentes fincas incluyo forraje verde, heno, concentrado, melaza, ensilaje, premezcla mineral (pecutrin), grasa pasante y aditivos especiales (cultivo de levadura Diamond XVP) Dentro de los forrajes, los mas predominantes fueron pasto estrella (*Cynodon niemfuensis*), decumbens (*Brachiana decumbens*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), henos de diferentes pastos y maní forrajero (*Arachis pintoii*) Los concentrados más utilizados fueron Alimento V-1, Alimento V-2, ambos elaborados en Cooleche y en dos de las fincas el alimento concentrado fueron elaborados localmente

El pasto estrella, kikuyo y decumbens presentaron un contenido en como ofrecido de EN_{leche} de 0.28, 0.22 y 0.27 Mcal/kg; mientras que el contenido de proteína total fue 3.5, 4.0 y 2.1%. El Heno de suazi y el maní forrajero presentaron un contenido de EN_{leche} de 0.46 y 0.60 Mcal/kg y la proteína total (CO) fue 6 y 5.5%, cuyos valores no significaron el mismo valor proteico dado las grandes diferencias en el contenido de humedad (Heno 75% y maní forrajero 24.7%). El valor energético y proteico total de la melaza fue EN_{Leche} 1.25 Mcal/kg y proteína total 2.5% ambos en como ofrecido. El alimento concentrado V-1, V-2, finca 3 y finca 4 presentaron un promedio de EN_{leche} de 1.95, 1.80, 1.85 y 1.72 Mcal/kg; mientras que la proteína total fue 17, 15, 15 y 16% como valores ajustados por humedad. Estos análisis fueron generados en el laboratorio de Nutrición Animal y Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá. Las cifras reportadas aquí son el promedio de seis muestreos en el tiempo espaciados cada 20 días para evitar destacar los sesgos en la bromatología; especialmente en el contenido de energía y proteína.

Los muestreos de pastos fueron tomados un día antes del pastoreo para establecer el análisis bromatológico, mientras que el consumo de forraje proximal fue establecido al efectuar el muestreo de biomasa un día después del pastoreo y ajustado por el área de la parcela y el número de vacas en producción.

3.8.4 Parámetros reproductivos

Se evaluaron los registros para determinar los índices reproductivos, tales como: periodo abierto (días), intervalo entre parto (días), longitud gestacional (días) Se utilizaron datos computarizados de los últimos 10 años y se correlacionaron con los descriptores de la producción de leche acumulados (100 días, 305 días y real) Los indicadores reproductivos fueron establecidos con la fecha de los servicios, los diagnósticos gestacionales y las fechas de parto La información del servicio (inseminación y/o monta natural) fueron cotejados con la fecha de parto a través de la revisión de integridad de la base de datos según la rutina específica incluida en el programa Vampp leche El registro lactacional fue formado por la pesa de leche cada siete a diez días y almacenada de manera secuencial para cada vaca identificada con un número fijo La medición de la producción de leche fue realizada con los medidores waikato en la madrugada y en la tarde. La lista de los parámetros reproductivos incluyo los siguientes

- 1 Edad al primer servicio (meses) (EPS)
- 2 Edad al primer parto (meses)(EAPP)
- 3 Intervalo entre partos (días)(IEP)
- 4 Longitud gestacional (días) (LG)
5. Tasa de concepción (TC)
- 6 Servicios por concepción (SPC)

- 7 Periodo abierto total (días) (PAT)
- 8 Peso al parto (kg)

3.8.5 Parámetros lactacionales y la curva de lactación

La producción de leche se analizó según la magnitud diaria, semanal y por lactación expresadas en kilogramos. Otros aspectos lactacionales incluyeron datos obtenidos mediante el modelo de Wood (1967)

1. Tiempo posparto a la máxima producción (TPALMP)
2. Máxima producción de leche (MPL)
- 3 Persistencia láctea (PL)
- 4 Longitud lactacional real (LLR días)
5. Producción de leche a 100 días (PDL 100 días).
- 6 Producción de leche a 305 días (PDL 305 días).
- 7 Producción de leche real (PDLR)
- 8 Longitud del periodo seco (LDPS).

3.9. Análisis estadísticos

El análisis de la base de datos incluyó varios modelos lineales aditivos y regresivos, además de las correlaciones y contrastes, los cuales fueron

aplicados según la variable dependiente y las fuentes de variación consideradas como factores determinantes según los lineamientos GLM (SAS, 2001). La edad al primer servicio (EAPS), edad al primer parto (EAPP) y el periodo abierto total (PAT), Servicio por concepción (SPC) y la tasa de concepción (TC), así como las variables lactacionales como. producción de leche inicial (PLI), producción de leche máxima (PLM), producción de leche a los 100 días (PL100 días), producción de leche al cierre (PLC) y producción de leche a 305 días (PL305 días) fueron analizados, según el siguiente modelo lineal aditivo

$$Y_{ijkl} = u + A_i + B_k + \beta_1 (X_{ijk} - \bar{u}) + \beta_2 (X_{ijk} - \bar{u}) + \beta_3 (X_{ijk} - \bar{u}) + e_{(ijkl)} \quad \text{donde:}$$

Y_{ijkl} = variable dependiente edad al parto, periodo abierto total, servicios por concepción, producción de leche inicial, producción de leche a 100 días, producción de leche a los 305 días, producción de leche real y tiempo en ordeño.

u = media

A_i = Efecto de la raza ($i^{mo} = 1$ (Holstein), 2 (Pardo Suizo))

B_k = Efecto del número de partos ($k^{mo} = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ y 8)

$\beta_1 (X_{ijk} - \bar{u})$ Efecto covariativo del Periodo Seco previo (días)

$\beta_2 (X_{ijk} - \bar{u})$: Efecto covariativo de la condición corporal

$e_{(ijkl)}$ Residuo experimental

La trayectoria de las variables a través de los partos fue evaluada mediante el modelo de regresión polinómica según la raza; ya que el análisis de varianza ajustado indicó diferencias estadísticas. Las variables reproductivas y lactacionales fueron correlacionadas para establecer el grado de influencia entre ellas.

El historial lactacional y reproductivo de cada vaca fue basado en las primeras nueve lactaciones, una vez cada animal fue revisado por las condiciones de salud registrados en la base de datos. Para el análisis de la producción utilizó hasta 10 partos y se utilizó el diseño arreglo factorial modificado con el ajuste por covarianza. Las variables dependientes fueron: periodo abierto total (PAT), intervalo entre partos (IEP), producción de leche máxima (PLM), producción de leche a los 100 días (PL100 días), producción de leche a 305 días (PL 305 días), producción de leche real (PLR) y producción de leche al cierre (PLC); las cuales fueron analizadas según el siguiente modelo lineal aditivo.

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_k + C_l + (BC)_{kl} + \beta_1 (X_{ijk} - \bar{u}) + \beta_2 (X_{ijk} - \bar{u}) + e_{(ijkl)}$$

Donde:

Y_{ijkl} = variable dependiente periodo abierto total, servicios por concepción, producción de leche a 100 días, producción de leche a 305 días, etc

μ = media

A_i = Efecto de raza ($k = 2$)

B_k = Efecto de partos ($l = 10$)

$(BC)_{kl}$ = Interacción raza x parto

$\beta_1 (X_{ijk} - \bar{u})$ Efecto covariativo del periodo seco preparto

$\beta_2 (X_{ijk} - \bar{u})$ Efecto covariativo de la condición corporal

$e_{(ijkl)}$ Residuo experimental

Se realizó contrastes ortogonales polinomiales de los parámetros lactacionales y reproductivos para cada raza a través de los partos. Otros análisis incluidos fueron la comparación de medias por el método de Tukey; así como los contrastes (Gill, 1978). Los análisis estadísticos fueron efectuados con el Programa SAS (Statistical Analysis System; 1997, 2001). La estructura de la matriz de datos y los análisis estadísticos fueron desarrollados según el instructivo para SAS; siguiendo el procedimiento descrito por Araúz (2009); de conformidad con los requisitos para la sección de los modelos lineales o GLM (General Lineal Models, SAS, 2001).

El análisis de la curva de lactación se realizó para la raza Holstein y Pardo Suizo según la base de datos disponibles entre enero del 2000 y enero del 2010. Para conformar la base de datos, se descartaron las vacas que durante la lactancia presentaron mastitis, cojeras o con registros incompletos. La base de datos final consistió en la raza Holstein 50 vacas para cada una de las lactancias de la 1 a la 5. En el caso de la raza Pardo Suizo fueron 75 vacas para cada una de las lactancias estudiadas. El registro lactacional secuencial

fue efectuado semanalmente mediante el uso de los medidores de leche marca Waikato LTD Co , (New Zealand) La producción de leche se modelo usando la función Gama incompleta según Wood (1967), presentada por Herrera y Barreras (2000) como parte de los modelos regresivos con aplicación en la producción de leche y la curva de producción El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_t = at^b e^{-ct}$$

Donde

Y_t = producción de leche en el $t^{\text{ésimo}}$ día de lactación

t = tiempo de lactancia (días)

e = base de los logaritmo naturales (2 71828).

a, b, c = parámetros que definen las curvas a ajustar

El rendimiento inicial inmediatamente después del parto es calculado por a ; b es la tasa de cambio desde la producción inicial hasta el máximo rendimiento, c es la tasa de cambio desde el máximo rendimiento hasta el final de la lactancia

El máximo rendimiento de leche fue calculado según la expresión

$$Y_{\text{máximo}} (\text{kg}) = A (b/c)^b e^{-b}$$

Tiempo al pico de producción (N) fue generado según la ecuación

$$N (\text{días}) = b/c = X1/X2$$

Persistencia láctea (S) fue obtenida según la siguiente relación

$$S = (b + 1) \text{Ln}(c) + \text{Ln}(b + 1)$$

La ecuación de predicción para la producción de leche en cualquier momento del periodo lactacional corresponde a

$$Y_t = at^b e^{-ct}$$

Las curvas de lactación de cada raza y parto fueron aplicados cada 14 días para generar los valores para la proyección regresiva y la generación de los gráficos pertinentes

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ubicación, características microclimáticas y tipificación del entorno y su relación con el bienestar animal y riesgos de estrés calórico en las fincas experimentales

Esta investigación fue realizada en cuatro fincas lecheras Grado A ubicadas en la Zona de Potrerillos (Finca Cloris S A), Buena Vista (Hacienda Buena Vista), Volcán – Tizingal (Hacienda Tizingal) y en Cerro Punta (Hacienda Carinthia) Las fincas fueron evaluadas y caracterizadas en base a las condiciones físicas y climáticas, utilizando la información meteorológica más próxima de la red de las estaciones de Unión Fenosa Adicionalmente, se tomaron ciertos indicadores como la temperatura ambiental mínima y máxima, la humedad relativa mínima y máxima y la radiación solar diurna mínima, máxima y media, la velocidad del viento y las horas luz para establecer los indicadores relacionados con el bienestar animal y la posibilidad del estrés calórico para la vaca lechera como fueron el Índice de Temperatura – Humedad (ITH) clásico y el Índice de Temperatura Humedad Ajustado por velocidad del viento y radiación solar directa según Mader et al., (2006).

El ITH estándar fue determinado tomando en cuenta la temperatura ambiental de bulbo seco (TA_{bs}) y la Humedad relativa (HR) según la siguiente expresión:

$$ITH = (0.8 \times TA_{bs}) + ((HR/100) \times (TA_{bs} - 14.4) + 46.4$$

Mientras que el ITH ajustado por velocidad del viento y la radiación solar fue calculado en base al ITH estándar, la velocidad del viento (m/s) y según la radiación solar directa descrita también por Mader et al., (2006)

$$\text{ITHajustado (vvrød)} = 6.80 + \text{ITH} - (3.075 \times \text{VV m/s}) + (0.0114 \times \text{RSD})$$

Las fincas utilizadas fueron Hacienda Buena Vista (HBV), Finca Cloris S A (FCLSA), Hacienda Tizingal (HTZAL) y Hacienda Carinthia (HACAR), las cuales están ubicadas en las comunidades de Buena Vista vía Volcán, Potrerillos, Tizingal después de Volcán y vía Sereno y en Cerro Punta respectivamente. Estas fincas se encuentran a una altitud de 775, 780, 1325 y 1950 m sobre el nivel del mar (msnm) y su condición climática corresponde al clima tropical lluvioso con la condición de premontano y montañosa y se corresponden con la clasificación climática de Koppen en la categoría de clima tropical húmedo premontano lluvioso (Hacienda Buena Vista y Finca Cloris), mientras que Hacienda Tizingal y Hacienda Carinthia corresponden a un clima tropical montañoso lluvioso que se centra en el clima tropical lluvioso de acuerdo con la clasificación climática de Koppen-Geiger-Pohl descrita en la Enciclopedia Universal (2010)

Las cuatro fincas se encuentran ubicadas en la Provincia de Chiriquí y las mismas poseen época lluviosa (junio a noviembre) y seca (diciembre a mayo)

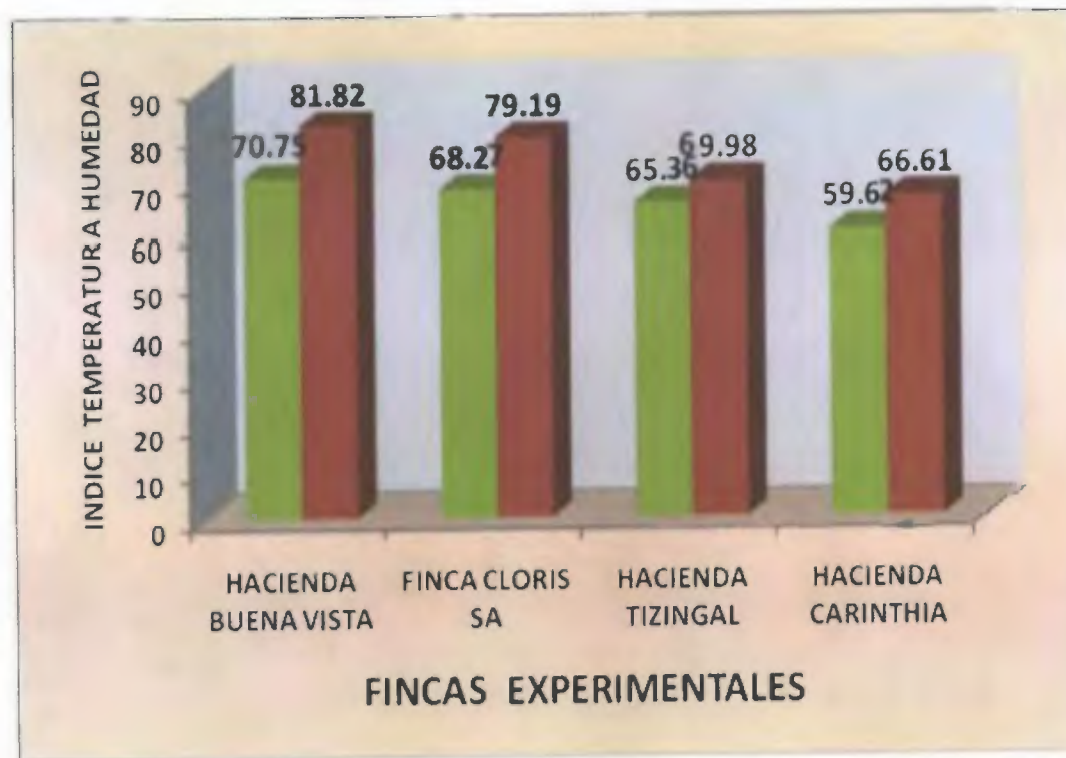
La época seca es la de mayor riesgo para el ganado lechero en vista de que la fase diurna recibe una contribución de la temperatura ambiental, humedad relativa, radiación solar y tal vez del viento si el mismo presenta una velocidad superior a 10 km/hora (0.28 m/s). El ITH mínimo en la época seca para las fincas HBV, FCL, HTZ y HCA fue 70.75, 68.27, 65.36 y 59.62, lo que indica en principio que no hay un riesgo de presentar un entorno microclimático que comprometa al ganado lechero en general. Sin embargo, El ITH promedio diurno para estas fincas fue 79.48, 77.14, 67.18 y 64.88, mientras que el ITH máximo resultó en 85.16, 81.18, 77.00 y 75.66 para hacienda Buena Vista, Finca Cloris, Hacienda Tizingal y Hacienda Carinthia.

Esto deja en evidencia que aunque las cuatro fincas parecen presentar un entorno microclimático apropiado y no perjudicial para la vaca de leche; en la realidad no es así, ya que todo microambiente con un ITH superior a 72 se considera ofensivo en términos del estrés calórico que puede desarrollarse y/o percibirse (Curtis, 1981, Yousef, 1985). Es evidente, que el ITH máximo es una medida extrema para juzgar el entorno de los animales, sin embargo el mismo representa el punto crítico hasta donde se puede llegar a comprometer la fisiología, salud y la capacidad de producción en los bovinos tipo leche (Araúz et al., 2010). En consecuencia, el ITH promedio resulta un mejor indicador y en este caso resultó que el ITH ajustado por radiación y velocidad del viento en las fincas ordenadas de menor a mayor altitud fue 81.82, 79.17, 69.98 y 66.61 (ver cuadro XXIV)

En este sentido, se puede observar que Hacienda Buena Vista y Finca Cloris presentan un microambiente durante la fase circadiana diurna que representa estrés calórico efectivo para la vaca de leche, especialmente si esta tiene acceso al medio ambiente sin protección (sombra natural o artificial). Hacienda Tizingal y Hacienda Carinthia se mantienen sin alcanzar un microambiente comprometido ya que el ITH ajustado fue inferior a 71. No obstante, también es correcto indicar que en estas fincas el periodo diurno presenta un alto riesgo para alterar la carga calórica corporal debido a la magnitud de la radiación solar directa, las cuales promediaron 516.7 y 513.33 Kcal/m² hr. Adicionalmente, en las otras dos fincas ubicadas a menor altitud, la condición de estrés calórico es mucho más seria si se considera los niveles de radiación (578 y 551 kcal/m² hr). El riesgo de estrés calórico diurno es alto cuando se considera la proyección del ITH mínimo y el ITH ajustado por las condiciones diurnas como se muestra en la grafica XI.

Los mayores cambios se observaron en Hacienda Buena Vista y Finca Cloris correspondiéndole un diferencial entre el ITH diurno ajustado y el ITH mínimo de 11.07 y 10.92 mientras que en las fincas de mayor altitud, resulto 4.62 (Hacienda Tizingal) y 6.99 (Hacienda Carinthia).

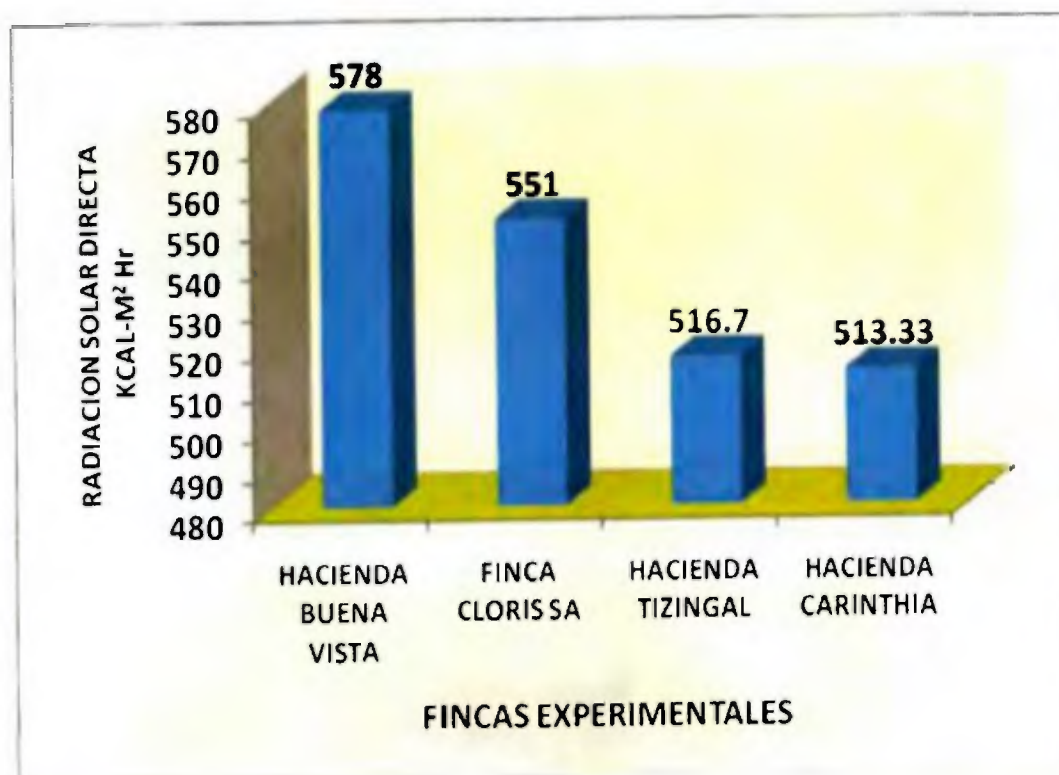
Gráfica XII: Proyección del ITH mínimo y el ITH ajustado por radiación y velocidad del viento para vacas en lactación en las cuatro fincas.



A pesar de las diferencias en el ITH estándar y en el ITH ajustado por velocidad del viento y la radiación solar directa; se puede indicar que las cuatro fincas presenta un alto riesgo de fomentar el estrés calórico a través de la radiación solar directa como se observa en la Gráfica XII. Esto es importante debido a que en el caso del pastoreo diurno si no se toman las medidas de reforestación estratégica o de adecuación de la sombra natural, los animales tienen prácticamente la misma oportunidad de recibir un incremento en su carga calórica corporal a partir de la influencia externa que genera el sol. La

promedio de la radiación solar directa en la época seca para Hacienda Buena Vista, Finca Cloris SA, Hacienda Tizingal y Hacienda Carinthia fue 578, 551, 516.7 y 513.33 Kcal/m² hr; es decir 672.73, 641.31, 601.38 y 597.43 Watts/s.

Gráfica XIII: Magnitud de la radiación solar directa promedio en las cuatro fincas experimentales en la época seca



La temperatura ambiental diurna mínima para las fincas en el mismo orden anterior fue 22.5, 21.2, 19.5 y 15.6 °C y la temperatura máxima diurna fue 35.6, 33.4, 31.5 y 30.6 °C en la época seca; y en la época lluviosa la temperatura diurna mínima fue 21, 20.8, 18 y 14.10 °C y la temperatura máxima fue 31.0, 32.4, 30.5 y 29.6 °C.

El periodo de luz osciló entre 6 a 8 horas en la época lluviosa con alta nubosidad y de 9 a 11 horas en época seca, la cual estuvo acompañada de una mayor radiación solar directa. La precipitación pluvial anual fue 4300, 3850, 3500 y 3000 mm para Hacienda Buena Vista (I), Finca Cloris SA (II), Hacienda Tizingal (III) y Hacienda Carinthia (IV).

Las fincas I y II presentaron el mayor riesgo de estrés calórico, mientras que las fincas III y IV fueron las de mayor confortabilidad calórica para el ganado lechero debido a la altitud sobre el nivel del mar, a la baja temperatura ambiental y a la menor humedad relativa. Estas últimas fincas también tienen un acceso a una mayor nubosidad, especialmente en la época lluviosa por lo cual se modifica en forma apreciable la radiación solar directa y con ello el entorno ambiental se mantiene mucho más próximo al margen termoneutral que requieren los bovinos que es entre 10 y 20 °C con una humedad relativa inferior al 50% con un ITH menor 72 (Curtis, 1981; Yousef, 1985).

El índice temperatura humedad describe el impacto combinado de la temperatura y la humedad en una escala de 0 a 100 y se considera, dentro de cuyo rango los valores menores a 72 no representan riesgo de estrés calórico para los animales domésticos, especialmente para los bovinos. Sin embargo, si el ITH es entre 71 y 76, el estrés calórico se considera leve, entre 78 a 89 severo, entre 89 y 98 muy severo y arriba de 98 es considerado letal (Spain et al, 2008).

Las fincas están ubicadas a una altitud ventajosa para favorecer un mejor microclima en general, a pesar de que en la época seca, el medio sufre un calentamiento considerable durante el día; producto de la radiación solar directa y de la baja nubosidad. Se reconoce que a mayor altitud, mayor bienestar microambiental para el ganado lechero en función de la temperatura ambiental y de la humedad relativa. Los estudios de Araúz (2010) indican que la temperatura ambiental diurna tropical oscila entre 24 a 26°C a las 6 AM con un máximo diurno de entre 30 a 37.5°C para una altitud que oscila entre 45 y 10640 msnm. Por otro lado, la humedad relativa prevalente oscila entre 40 y 90% con un comportamiento irregular diurno y nocturno. El período de mayor magnitud en la tensión calórica se encuentra entre las 9 AM y 4 PM en la época seca, sobre todo si hay una baja o nula nubosidad y si no se cuenta con sombra natural o artificial (Araúz, 2003).

En las cuatro fincas de menor a mayor altitud la época seca representa un factor de riesgo para el estrés calórico ya que el diferencial entre el ITH máximo y el ITH de 72 es +13.66, +9.18, +5.0 y +3.66; lo que indica que incluyendo las dos fincas de mayor altitud (Hacienda Tizingal y Hacienda Carinthia) tiene acceso microclimático lo suficientemente fuerte para producir un desplazamiento funcional, metabólico y biotérmico.

Cuadro XXIV: Principales características microclimáticas para la época seca en las fincas objeto del estudio sobre el desempeño lactacional y reproductivo de la vaca lechera

Parámetros Microambientales	Fincas Lecheras Experimentales			
Parámetros Microambientales	HBV	FCL	HTZ	HCA
Precipitación Pluvial Anual (mm)	4300	3850	3500	3000
EPOCA SECA (Diciembre – Mayo)				
Temperatura diurna mínima (°C)	22.5	21.2	19.5	15.6
Humedad Relativa Máxima (%)	78.5	72.3	65.8	61.5
ITH Mínimo	70.75	68.27	65.36	59.62
Temperatura diurna máxima (°C)	35.6	33.4	31.5	30.6
Humedad Relativa Mínima (%)	48.5	42.4	31.6	29.5
ITH Máximo	85.16	81.18	77.00	75.66
Temperatura diurna promedio (°C)	29.5	28.5	21.6	20.4
Humedad Relativa diurna prom %	62.8	56.3	48.6	38.6
ITH promedio diario	79.48	77.14	67.18	64.88
RSD ^{Máxima} (Kcal/m ² hr) (Watts/m ² s)	810 0.2618	845 0.2732	875 0.2828	890 0.2877
RSD promedio (Kcal/m ² hr) (Watts/m ² s)	578.00 672.73	551.00 641.31	516.70 601.38	513.33 597.43
RSD promedio (Watts/m ² s)	0.1868	0.1781	0.1670	0.1659
Velocidad del viento (m/seg)	1.45	1.55	1.30	1.65
ITHajustado (VVRSD)	81.82	79.17	69.98	66.61
Humedad relativa (%)	50-78	40-73	30-68	30-60
Radiación solar directa (Kcal /m ² hr)	510- 825	530- 805	475- 786	480- 745
Horas luz en la época seca	9 -11	9 - 11	9 - 11	9 - 11
Altitud (m)	775	780	1325	1950

Fuente. Batista, J. R. (2011)

Cuadro XXV: Principales características microclimáticas para la época lluviosa en las fincas objeto del estudio sobre el desempeño lactacional y reproductivo de la vaca lechera

Parámetros Microambientales	Fincas Lecheras Experimentales			
	HBV	FCL	HTZ	HCA
Parámetros Microambientales				
Precipitación Pluvial Anual (mm)	4300	3850	3500	3000
EPOCA LLUVIOSA (JUN – NOV)				
Temperatura diurna mínima (°C)	21 0	20 8	18 00	14 10
Humedad Relativa Máxima (%)	84 5	78 3	71 8	70 5
ITH Mínimo	66.54	64.92	59.32	53.22
Temperatura diurna máxima (°C)	31 0	32 4	30 5	29 6
Humedad Relativa Mínima (%)	56 5	52 3	39 5	37 0
ITH Máximo	74.31	74.86	68.45	66.63
Temperatura diurna promedio (°C)	27 0	26 0	20 0	18 5
Humedad Relativa diurna prom %	68 8	65 3	64 9	61 5
ITH promedio diurno	72.17	69.77	60.98	58.17
RSD ^{Máxima} (Kcal/m ² hr) (Watts/m ² s)	542 0 1752	525 0 1697	470 0 1519	430 0 1390
RSD promedio (Kcal/m ² hr) (Watts/m ² s)	363 00 0 1173	350 00 0 1131	330 00 0 1066	276 66 0 0894
Velocidad del viento (m/seg)	1 09	1 16	1 00	1 19
ITHajustado (VVRSD)	75.62	73.00	64.70	61.31
Humedad relativa (%)	55- 82	50- 78	45- 74	40- 70
Radiación solar directa (Kcal /m ² hr)	389- 675	410- 646	435- 650	456- 680
Horas luz en la época lluviosa	6-8	6-8	6-8	6-8
Altitud (m)	775	780	1325	1950

Fuente: Batista, J R. (2011).

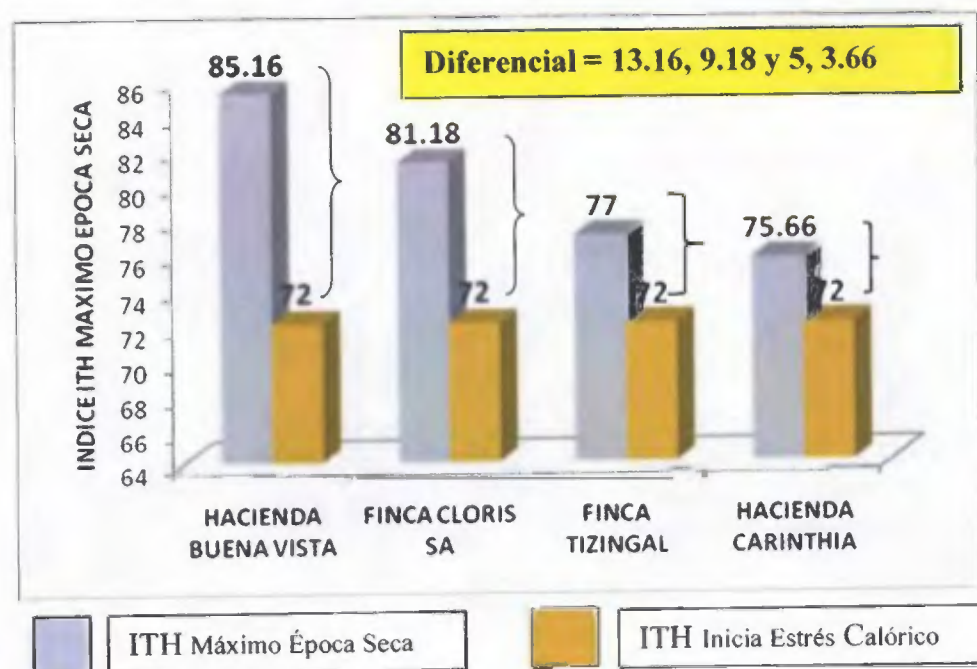
El microclima de las cuatros fincas experimentales fue accesible al bienestar del ganado lechero; sin embargo, la época, hora del día, lluvias, nubosidad y fase circadiana constituyen elementos de variación que generan episodios considerables en que se dan las condiciones ambientales suficientes para

alterar la homeostasis metabólica y termorregulatoria de la vaca de leche en producción, especialmente, cuando se desarrollan actividades como el pastoreo y la locomoción propias de los sistemas de producción lechera tropical sobre todo durante la época seca. En la época seca, el grado de estrés calórico máximo mayor ocurre en Hacienda Buena Vista, seguido de Finca Cloris, Hacienda Tizingal y de Hacienda Carinthia. El diferencial de ITH Máximo – ITH 72 donde inicia el estrés calórico para el ganado bovino indica que la fuerza del estado de la tensión calórica máxima en Hacienda Buena Vista es 3.59x, Finca Cloris 2.51x y en Finca Tizingal 1.37x sobre un diferencial de ITH de + 3.66 para Hacienda Carinthia, que es la finca con el menor riesgo de que las vacas sufran estrés calórico ambiental durante la época seca en la fase diurna específicamente (ver gráfica XIII)

El diferencial por ITH puede ser mayor cuando entran en juego otros factores como la velocidad del viento cuya contribución es restante; mientras que la radiación solar es agregante ya que los índices de RSD fueron entre 810 y 890 Kcal/m² hr con el promedio diario de 578 (Hacienda Buena Vista), 551 (Finca Cloris SA), 516.70 (Finca Tizingal) y 513.33 Kcal/m² hr en Hacienda Carinthia. Mavor et al, (2003) han indicado que la condición del estrés calórico ambiental se encuentra influenciado no solo por la humedad relativa sino también por la temperatura ambiental, sin embargo, durante el día, el viento y la radiación solar directa constituyen elementos modificantes; los cuales en la época seca a nivel tropical se destaca principalmente la

influencia de la radiación solar directa cuando no existen mejoras como la sombra natural y/o artificial para la vaca en producción (Arauz, 2006). De allí, que cuando se considera el factor altitud y alteración de la temperatura ambiental diurna en la época seca, no se encontró una diferencia marcada entre los 45 y 1064m en el medio tropical; y en consecuencia, la temperatura rectal y láctea fue igualmente alterada aun cuando los extremos por altitud fueron marcados (45, 275, 770, 830 y 1064 m) como reportó Araúz et al., (2010).

Gráfica XIV: Zona máxima de estrés calórico según el ITH máximo y el ITH de 72 en las fincas evaluadas.



El entorno micro geográfico y ambiental se ilustra con las figuras 12, 13, 14 y 15 para cada una de las fincas lecheras que fueron objeto del presente estudio como complemento de la descripción genérica sobre el medio

prevalente para el desarrollo del ciclo de vida y de las funciones de reproducción y producción de la vaca de leche propiamente.

Figura 12: Ilustración de algunas condiciones en Hacienda Buena Vista y su relación con el entorno microambiental y de manejo para las vacas en lactación

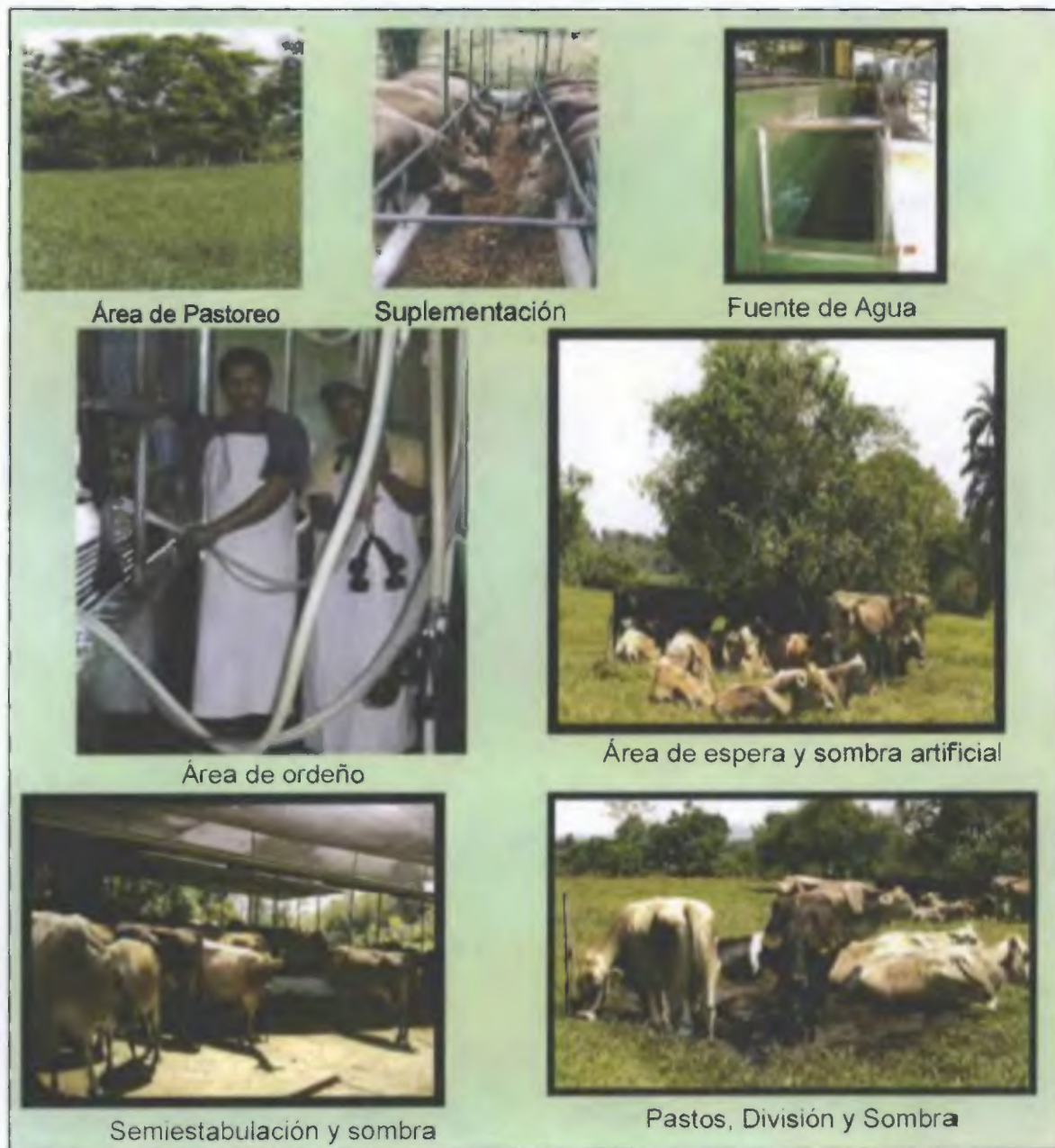


Figura 13: Ilustración de algunas condiciones en Finca Cloris SA y su relación con el entorno microambiental y de manejo en vacas Pardo Suizo



Figura 14: Ilustración de algunas condiciones en Hacienda Tizingal y su relación con el entorno microambiental y de manejo

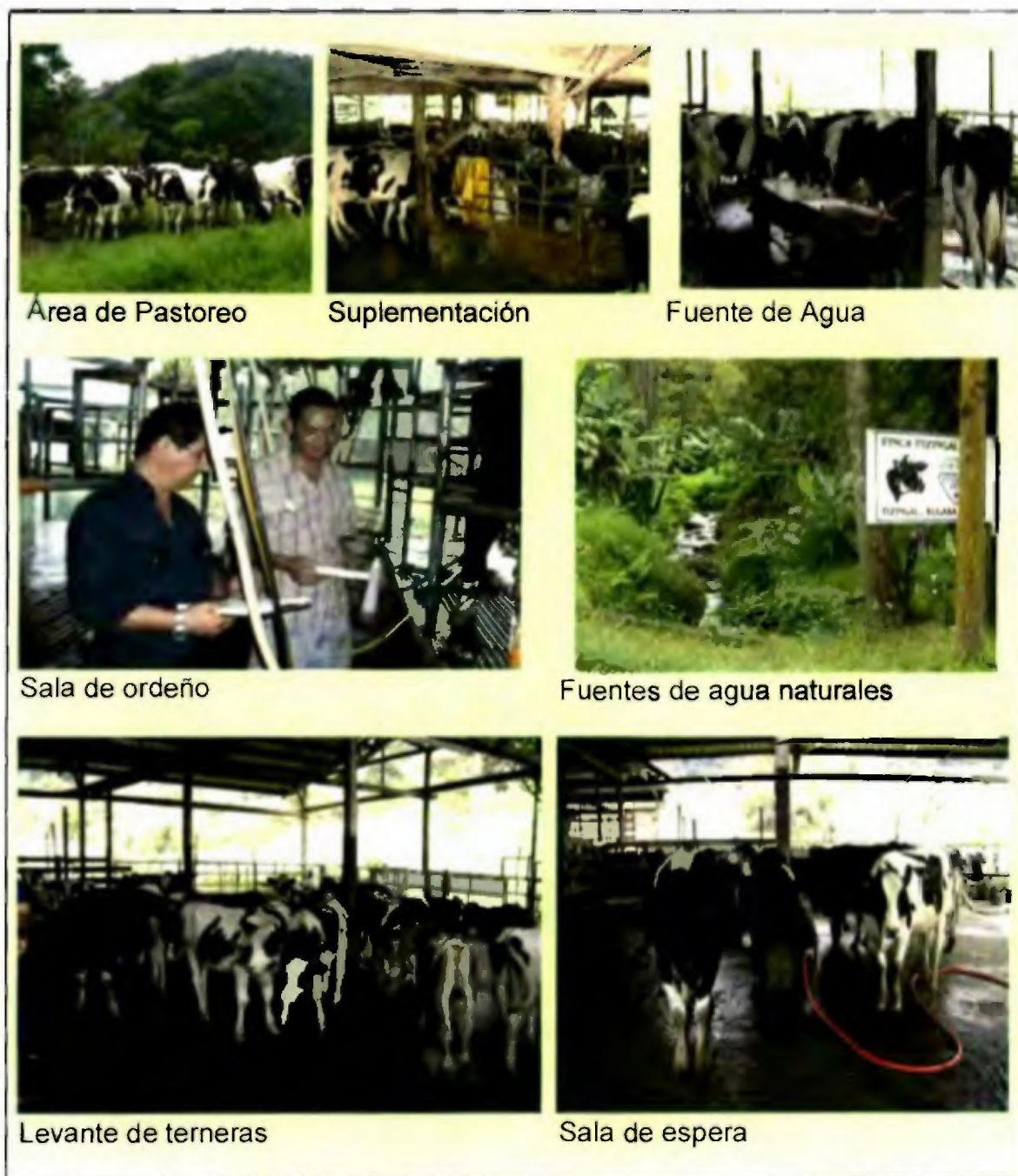
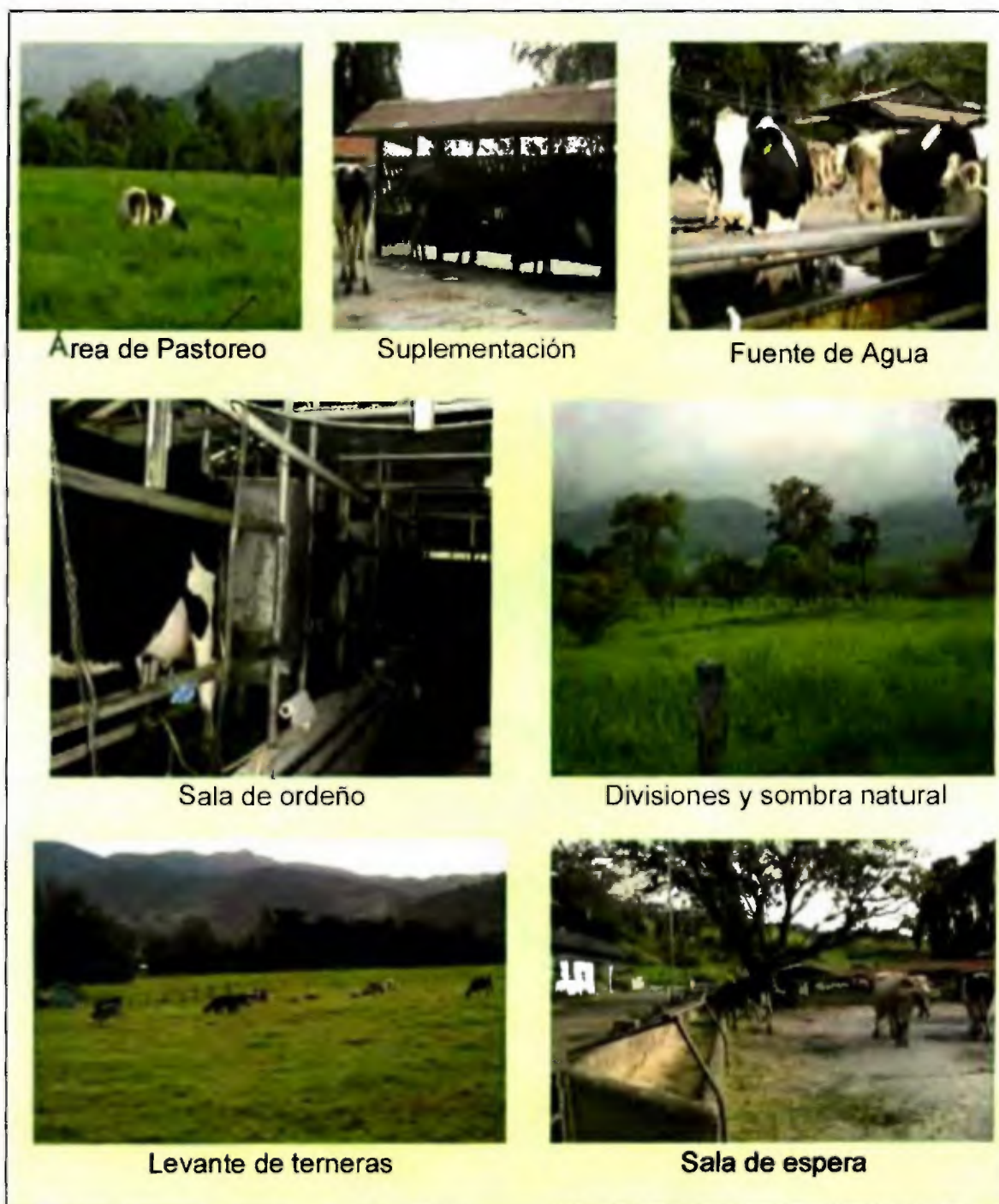


Figura 15: Ilustración de algunas condiciones en Hacienda Carinthia y su relación con el entorno microambiental y de manejo



4.2. Características Zootécnicas Básicas y Manejo de las Fincas Lecheras Experimentales

Los principales indicadores generales que tipifican las fincas lecheras Grado A utilizadas en el estudio se ilustran en el cuadro XXVI. La producción diaria puede variar entre los días, semanas, meses y años como señala Bath et al , (1986); sin embargo, siempre hay una cifra más prevalente en las fincas que pueden funcionar como una referencia. El número de vacas en ordeño, la producción de leche diaria, el promedio genérico diario de la leche comercializada son algunos de los descriptores más empleados, y por lo tanto, se precisa dichos valores para resumir el perfil gerencial, administrativo y técnico. La producción total diaria de HBV, FCL, HTZ y HCA fue de 1700, 1500, 2600 y 1870 kg, con 120, 100, 120 y 110 vacas en ordeño. En consecuencia, el promedio diario más prevalente de estas fincas fue 14.17, 15.00, 22.00 y 17.50 Kg/vaca día. Todas las fincas evaluadas presentaron un porcentaje bajo de los animales en producción (ver cuadro XXVI), sin embargo, el propio número de vacas en ordeño es homólogo entre las fincas seriadas como HBV, FCL, HTZ y HCA, para las cuales les correspondió 120, 110, 120 y 110 vacas en producción. El intervalo entre ordeños fue igual para todas las fincas (12 horas) y con ello se cumple con el requisito de estandarizar el pesaje, para evitar diferencias muy negativas o muy positivas; las cuales sesgan la tendencia lactacional principalmente. Muchos de los indicadores genéricos contribuyen con la información necesaria para la

evaluación funcional e integral, la cual descansa en la eficiencia, bioseguridad, rentabilidad y sostenibilidad (Shoemaker et al , 2008)

Como fincas Grado A, las mismas realizan doble ordeño mecanizado con un intervalo de 12 horas entre ordeños. El protocolo del ordeño incluye la higienización del sistema mamario, la desinfección y el secado pre ordeño, la fijación y retiro de pezoneras, el sellado y la liberación de los animales para su acceso a las áreas de pastoreo.

El manejo de la alimentación se fundamenta en el uso del forraje verde directo a través del pastoreo y en el uso de otros ingredientes; tales como alimento concentrado, heno, ensilaje de maíz, melaza, una mezcla mineral, cultivo de levaduras o levaduras y grasa pasante para las vacas con un estado lactacional menor a los 120 días. La alimentación se encuentra clasificada por producción y estado lactacional; con el objetivo de corresponder nutricionalmente con el potencial lechero de los animales según el estado lactacional. Las vacas en producción están clasificadas en lotes de alta, media y baja producción y para ello se utilizan las pesas de leche y el historial del parto para establecer el tiempo en ordeño que posee cada vaca. Sin embargo, el factor más crítico es la cantidad de leche producida según la pesa semanal; incluyendo la mañana y la tarde. Otras características básicas relacionadas con el manejo y la administración de cada finca se indican en el cuadro XXVI.

Entre otros aspectos sobresalientes, se encuentran el control reproductivo periódico, la prueba de mastitis poco frecuente y el uso del registro computarizado que en este caso coincidió que las fincas emplearon el mismo programa (Vampp Bovino Leche Versión Windows 2009)

Todas las fincas posee un seguimiento técnico con énfasis en los aspectos del control reproductivo y de salud del hato, además de cumplir con las normas veterinarias y de salud animal que exigen el Ministerio de Salud (MINSA, 1988) a través del Control Veterinario de las plantas procesadoras para la producción de leche Grado a en Panamá. La finca es controlada por los inspectores de salud y de las plantas y se aplica el formato de inspección del MINSA para establecer si se cumplen con todas las disposiciones relacionadas con el entorno de la infraestructura, el equipo de ordeño, la unidad de enfriamiento, la sala de ordeño, el protocolo de higiene de la ubre y pezoneras, del personal encargado del ordeño y de las condiciones generales de los animales relativo a su salud y estado general. Todas las fincas que se utilizaron se encuentran certificadas como Libres de Brucelosis y mantienen vigencia en sus exámenes de tuberculosis también, por lo cual su certificado de operación sanitario es correcto, vigente y aprobado para la producción de leche Grado A que califica apropiadamente para el procesamiento industrial antes de su expendio para el consumo humano en Panamá. Además, las plantas que procesan la leche, realizan todas las pruebas organolépticas, físicas y químicas para verificar y garantizar la calidad de la leche Grado A.

Cuadro XXVI: Características zootécnicas básicas y de manejo de las fincas lecheras con tecnología Grado A que facilitaron las bases de datos lactacionales y reproductivos

Indicadores Zootécnicos y Manejo	Fincas Lecheras Experimentales			
	HBV	FCL	HTZ	HCA
Vacas en ordeño (no)	120 (63 83%)	100 (52 91%)	120 (67 04%)	110 (56 99)
Producción láctea Diaria (Kg)	1700	1500	2600	1925
Promedio Genérico (kg/v d)	14 17	15 00	22 00	17 50
Vacas en el lote seco (no)	45	68	35	60
Novillas Preñadas (no)	23	21	24	23
Novillas con y/o para servicio	17	24	11	20
Lotes por producción	4	3	3	2
Frecuencia del ordeño diario	2	2	2	2
Intervalo entre ordeños (horas)	12	12	12	12
Equipo de Ordeño	Alfalaval	Surge	Alfalaval	Alfalaval
Tamaño de la Sala de ordeño	2 x 6 x1	2x4x1	2x6x1	2x6x1
Modelo de la sala	EP	EP	EP	Tándem
Sala de suplementación	si	si	si	si
Bioregistro Computarizado	Vampp	Vampp	Vampp	Vampp
Control Reproductivo periódico	+	+	+	+
Inseminación Artificial	96%	90%	100%	80%
Monta Natural	4%	10%	0%	20%
Prueba de Brucelosis	c/6 meses	c/6 meses	c/6 meses	c/6 meses
Divisiones para pastoreo	58/2/d	56/2/d	42/2/d	60/2/d
Pasto principal	Señal Estrella	Estrella Señal	Estrella	kikuyo
Fertilización de pasturas	NPK	NPK	NPK	NPK
Prueba de mastitis CMT	+	+	+	+
Alimentación Preparto	21 días	21 días	21 días	21 días
Evaluación Lineal de hembras	+	+	+	+
Pesaje de la Producción	+	+	+	+
Soporte Técnico	+	+	+	+

Fuente, Batista, J R (2011).

El manejo reproductivo incluye el seguimiento técnico con énfasis en el control desde el puerperio temprano hasta el diagnóstico de la preñez. En todas las fincas, el programa reproductivo incluye mayoritariamente el uso de la

inseminación artificial (80 a 100%), sin embargo, en tres de las cuatro fincas evaluadas se mantiene la posibilidad de emplear la monta natural cuando la inseminación artificial demuestra una falla considerable (usualmente más de tres servicios)

4.3. Características biológicas y genéticas de las vacas Holstein y Pardo Suizo en las fincas experimentales

Es preciso describir la condición genética de los animales que generaron los datos biológicos de producción y reproducción. En Hacienda Buena Vista la plataforma animal está conformada en un 90% por la raza Pardo Suizo y un 10% Holstein. No obstante, los valores somáticos que se utilizaron son los de la raza prevalente. El peso al nacer en las hembras de esta finca fue 36.10 kg (79.58 lb) y el peso de las vacas adultas (cuatro a cinco años) fue 526.87 kg, el peso al parto de las adultas fue 569.8 kg y a los 30 días de estar en producción la muestra de las adultas fue 551.12 kg (ver cuadro XXVI). El componente genético de esta finca se encuentra respaldado por el seguimiento del programa de inseminación artificial por más de 18 años, el cual durante los últimos ocho años ha incorporado la herramienta de la evaluación lineal y el programa de prevención de la consanguinidad en base al historial de los progenitores en las últimas tres generaciones y en la revisión de la genealogía del reproductor a incorporar para la inseminación propiamente. Sin embargo, se utiliza el toro a través de la monta natural para las vacas que tienen

limitaciones para quedar preñadas con más de tres inseminaciones propiamente

En Finca Cloris S A se utiliza la raza Pardo Suizo en un 95% a pesar de que en los últimos años se ha introducido la raza Jersey para buscar el cruzamiento $\frac{1}{2}$ Pardo Suizo x $\frac{1}{2}$ Jersey. Al igual que en la finca anterior los valores somáticos están referidos a la raza Pardo Suizo. El peso al nacimiento promedio para las hembras fue 38.45 kg (84 76) en una muestra tomada para las vacas con equivalente de madurez (48 a 60 meses); mientras que el peso adulto resultó en 550 56 kg, el peso al parto 593 76 kg y el peso a los 30 días de estar en producción fue 563.22 kg (ver cuadro XXVI y gráfica XV)

En Hacienda Tizingal, se utiliza la raza Holstein en un 95% y aunque se mantiene una proporción de Pardo Suizo, la fortaleza genética de esta finca está centrada en la raza de mayor capacidad de producción láctea según Visser y Wilson (2006). El estándar del peso corporal fue al nacimiento 40 54 kg, a los 48 a 50 meses 591 11 kg, al parto 602 kg y a los 30 días de la lactación resultó en 586 kg. El programa de manejo reproductivo incluye el componente de prevención de la consanguinidad al utilizar la evaluación lineal y el perfil de los progenitores relacionados en las últimas cuatro generaciones

Hacienda Carinthia descansa su perfil genético en la las razas Holstein (60%) Pardo Suizo (40%), destacando un peso al nacimiento para las hembras de 40 78 kg (Holstein) y 37 89 kg (Pardo Suizo), el peso adulto fue 585.53 (Holstein) y 582.4 kg (Pardo Suizo), el peso adulta al parto 605 kg (HS) y 586.5 kg (PS) y el peso a los 30 días postparto fue 579 19 (HS) y 569.75 (PS).

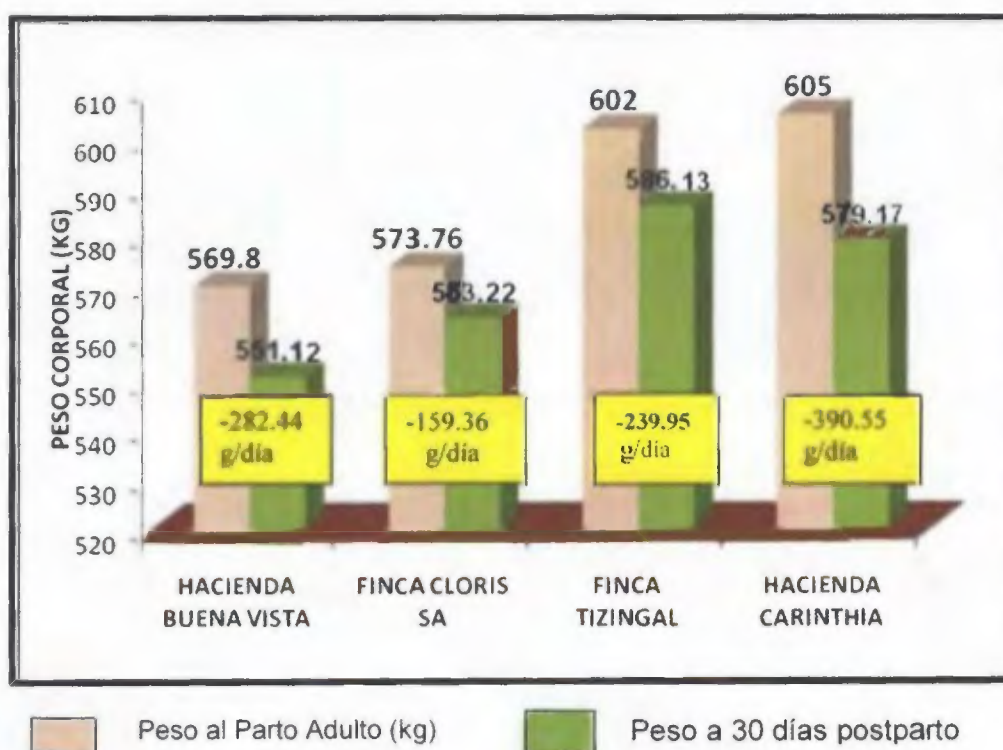
Cuadro XXVII: Resumen de las características raciales y somáticas de las fincas lecheras evaluadas

Particularidades Raciales y Corporales	Fincas Lecheras Experimentales			
	HBV	FCL	HTZ	HCA
Razas	PS (90%) HS (10%)	PS (95%) JS (5%)	HS (95%) PS (5%)	HS (60%) PS (40%)
Raza Holstein (Hembras)	-	-		
Peso al nacer Hembras (kg)	-	-	40 54	40 78
Peso adulta (48 meses) kg	-	-	591 11	585 53
Estatura adulta (48 meses) kg	-	-	1 38	1 42
Peso al parto adulta (kg)	-	-	602 00	605 00
Peso a los 30 días postparto (kg)			586 13	579 17
Raza Pardo Suizo				
Peso al nacer kg	36 10	38 45	-	37 89
Peso adulta (48 meses) kg	526 87	550 56	-	582 4
Estatura adulta (48 meses) kg	1 27	1 37	-	1 38
Peso al parto adulta (kg)	569 80	573 76	-	586 50
Peso a los 30 días postparto (kg)	551 12	563 22	-	569 75
Promedio del Peso al Parto (kg)	526.87	550.56	602.00	595.75

Fuente Batista, J R. (2011)

La finca que menos cambios presentó en sus vacas en los primeros 30 días después del parto fue Finca Cloris SA (- 159.36 g/día); seguido de Finca Tizingal (-239.95 g/día) y Hacienda Buena Vista (-282.44 g/día) y por último Hacienda Carinthia con - 390.55 g/día (ver gráfica XIV).

Gráfica XV: Peso adulto al parto y a los 30 días de estar en producción en Hacienda Buena Vista, Finca Cloris SA, Finca Tizingal y Hacienda Carinthia



El cambio en el peso corporal durante la fase crítica de la lactación ha sido establecido por la NRC (1989, 2001) como equivalente entre 30 y 234 g de proteína cruda total que representa entre 162 y 1265 g de peso corporal en base a tejido muscular según la producción de leche. Factores como la

locomoción (Yousef, 1985), el crecimiento (NRC, 1989), el estrés calórico (McDowell, 1981, Araúz, 2006), la grasa láctea (Miller, 1986) y el balance de energía y proteína determinan la tasa de pérdida de peso en los primeros 30 a 120 días

4.4. Modelo de alimentación, condición energético-proteica y manejo nutricional durante la lactación

Los sistemas de alimentación de las cuatro fincas productoras de leche grado A (I, II, III y IV) presentaron variantes en los ingredientes de la dieta, cantidades ofrecidas, naturaleza de los ingredientes y disponibilidad de forraje verde, siendo este último el de mayor variación. El aporte de nutrientes para cada uno de los sistemas de alimentación prevalentes fueron proyectados en base al aporte de materia seca (MS), proteína total (PT), fibra total (FT), fibra ácido detergente (FAD), energía neta lactacional (EN leche), calcio (Ca) y fósforo (P).

El componente de la dieta que más varió entre las fincas fue la disponibilidad de forraje verde, dado la heterogeneidad del manejo de los pastos, fertilización, condiciones edáficas - climáticas, periodos de descanso, periodos de pastoreo, manejo de malezas, carga animal, presión de pastoreo y tipo de pastura. La cantidad de alimento concentrado fue el más estable dentro de los componentes de la dieta para las vacas en producción.

En la finca I (Hacienda Buena Vista) se utilizó pasto señal ($31.62 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$), alimento concentrado V2 ($8.16 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$), melaza ($0.79 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$), heno ($1.13 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$), pecutrin ($75 \text{ g vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y Diamond VXP ($75 \text{ g vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$). En esta finca el alimento concentrado fue suministrado tanto en la sala de ordeño (66.7% o 5.44 kg) como en comederos colectivos fuera de la sala de ordeño (32.3% o 2.72 kg; y el heno y la melaza fueron suministrados fuera de la sala de ordeño en conjunto con el alimento concentrado. No obstante, mientras que los minerales y la levadura fueron suministrados en forma individual al momento del ordeño en el comedero para garantizar el consumo por cada animal. El tamaño de la dieta proximal fue 41.84 kg con un valor en materia seca de 14.69 kg (32.38 lb) correspondiendo al 35.11% de materia seca en la dieta y un 64.89% de humedad. La dieta incluyó pasto verde, alimento concentrado, melaza, heno de suazi y los aditivos. La disponibilidad de forraje verde consumida fue 5.75% del peso vivo promedio de $550 \pm 37 \text{ Kg}$ como se indica en el cuadro XXVIII.

En la finca II (Finca Cloris S. A.), la dieta estuvo conformada por pasto estrella (50%) y señal (50%), totalizando el forraje verde $35.75 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$, alimento concentrado elaborado en la finca ($7.26 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$), maní forrajero ($1.36 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y melaza ($0.91 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$). La adición de los componentes de la dieta para esta finca fue en la sala de ordeño para el concentrado y en comederos colectivos en la sala de alimentación. El maní forrajero y la melaza fueron suministrados en los comederos colectivos. La

dieta proximal presentó un aporte de materia seca por animal de 15 06 kg, la cual tuvo un 33 26% de materia seca y 66 74% de humedad

En la finca III (Hacienda Tizingal), la dieta estuvo conformada por pasto estrella (34 81 kg de forraje verde vaca⁻¹ día⁻¹), alimento concentrado V1 (9 07 kg.vaca⁻¹ día⁻¹), melaza (1.0 kg vaca⁻¹ día⁻¹), heno (0.91 kg.vaca⁻¹.día⁻¹), pecutrin (100 g vaca⁻¹ día⁻¹), Diamond V (75 g vaca⁻¹ día⁻¹) y Energy Booster (150 g vaca⁻¹ día⁻¹) El alimento concentrado fue suministrado fuera de la sala de ordeño al igual que el heno, los minerales, la grasa de sobrepaso y la levadura, previamente al ordeño en comederos individuales dos veces al día. La dieta tuvo un peso de 46.07 kg con un aporte de materia seca de 17 37 kg, que correspondió al 37 70% La proporción de la materia seca del forraje fue 42.08% y el contenido de humedad según los ingredientes cuantificados fue 57.92%

El modelo de alimentación en la finca IV (Hacienda Carinthia) estuvo conformado por pasto kikuyo (38 35 kg vaca⁻¹ día⁻¹), alimento concentrado elaborado en la propia finca (10 88 kg vaca⁻¹ día⁻¹) y pasto kikuyo picado (2 27 kg vaca⁻¹. día⁻¹) El concentrado fue suministrado en su mayor parte en la sala de ordeño y el pasto picado fuera de ésta en comederos comunes junto con una pequeña porción de concentrado, heno y melaza

El análisis bromatológico proximal de los componentes de las dietas utilizadas en las diferentes fincas presentaron un contenido de materia seca similar, sin embargo, el pasto kikuyo y estrella presentaron contenidos de proteína más altos (4.0 y 3.5% CO) respectivamente. No obstante, el pasto kikuyo presentó un contenido de humedad más alto debido a las condiciones propias de la finca y por el manejo de la pastura.

El consumo de forraje verde representa la plataforma alimentaria en las fincas evaluadas, tal como se caracterizan los sistemas de producción de leche en el trópico (Novoa, 1979). Durante la lactación y principalmente antes de alcanzarse el pico de producción; las demandas de nutrientes son altas, por lo que la utilización de concentrados y otros ingredientes son demandados para satisfacer la demanda de nutrientes para sostener el techo de producción de leche. A medida que la disponibilidad de pasto se reduce, es más difícil mantener la producción de leche de manera rentable; especialmente cuando el gasto energético lactacional aumenta en función de la proporción de granos que se debe suministrar al animal para complementar nutricionalmente la dieta a base de pasto verde (Holmes y Wilson, 1989). Un estudio realizado entre 1992 y 1994 por Araúz indica que la disponibilidad de forraje verde en las fincas lecheras grado A de la Cuenca Lechera de Bugaba oscila entre 2.5 y 8.5% del peso vivo para las vacas en producción. No obstante, las cifras más prevalentes indican una deficiencia apreciable en la falta de forraje verde para las vacas en lactación, especialmente en la época seca.

Cuadro XXVIII: Características del modelo de alimentación para vacas en producción de las razas Holstein y Pardo Suizo

Finca	Alimento	Consumo (kg)	Aporte MS (kg)	EN _{LECHE} (Mcal)	Proteína (g)
Finca Tizingal PV 585 ± 67 kg, Disponibilidad de forraje verde consumida de 5.95% del PV	Pasto estrella	34.80	7.31	9.74	1218
	Alimento V1	9.07	8.16	17.7	1542
	Melaza	1	0.75	1.25	25
	Heno de suazi	0.91	0.84	0.42	55
	Energy booster	0.15	0.14	0.975	-
	Diamond V	0.04	0.04	-	6
	Pecutrin	0.10	0.10	-	-
	Total	46.07	17.34	30.08	2846
Finca Hac. B. Vista PV 550±37 kg, Disponibilidad de forraje de 5.75% PV	Pasto señal	31.62	5.54	8.54 l	664
	Alimento V2	8.16	7.38	14.68	1224
	Melaza	0.79	0.59	0.98 l	20
	Heno de suazi	1.13	1.04	0.52	68
	Diamond V	0.075	0.07	-	6
	Pecutrin	0.1	0.07	-	-
	Total	41.84	14.69	24.72	1982
Finca Cloris SA PV 572 ± 52 kg, Disponibilidad de forraje verde 6.25% PV	Señal 50%, Estrella 50%	35.75	7.50	9.29	1001
	Arachis	1.36	0.27	0.82	75
	Concentrado	7.26	6.60	13.43	1089
	Melaza	0.91	0.68	1.14	23
	Total	45.28	15.06	24.68	2188
Finca Carinthia PV 590 ± 60 kg, Disponib de forraje verde de 6.5% PV	Kikuyo	38.35	7.67	8.44	1534
	Concentrado	10.88	9.79	18.71	1741
	Pasto picado	2.27	0.32	0.45	91
	Total	51.5	17.78	27.60	3366

Fuente Batista, J. R. (2011).

Otro de los factores limitantes es la propia composición bromatológica de los ingredientes que se utilizan para la alimentación de las vacas en producción; la cual se muestra en el cuadro XXIX; destacando al forraje verde, los concentrados, el heno y el arachis. No obstante, el aspecto más determinante en la alimentación es cuanto se le ofrece a cada vaca en producción. La

ponderación de la dieta incluyó un monitoreo mensual del modelo de alimentación en cada una de las fincas; hasta conformar el patrón de la dieta para la fase de producción.

Cuadro XXIX: Análisis bromatológico proximal de los componentes de la dieta utilizados para la alimentación de las vacas en producción en las fincas evaluadas

Factor de alimentación	Parámetro nutricional Como ofrecido	Fincas			
		FTZ	HBV	FCLSA	HCAR
Pasto verde	Materia seca (%)	22	18	20	17
	Proteína total (%)	3.5	2.1	2.8	4.0
	Fibra cruda (%)	8.5	8.0	7.9	7.5
	Fibra ácido detergente (%)	6.59	5.92	5.78	5.25
	EN lactacional (Mcal/kg)	0.28	0.27	0.27	0.22
	Ca (%)	0.06	0.06	0.05	0.05
	P (%)	0.03	0.04	0.03	0.04
Heno de suazi	Materia seca (%)	90	90	-	-
	Proteína total (%)	2.10	2.10	-	-
	Fibra cruda (%)	11	11	-	-
	Fibra ácido detergente (%)	9.92	9.92	-	-
	EN lactacional (Mcal/kg)	0.55	0.55	-	-
	Ca (%)	0.09	0.09	-	-
	P (%)	0.06	0.06	-	-
Concentrado	Materia seca (%)	89	89	89	89
	Proteína total (%)	14.6	12.9	12.9	13
	Fibra cruda (%)	3	3	3	3
	Fibra ácido detergente (%)	3.75	3.75	3.75	3.75
	EN lactacional (Mcal/kg)	1.95	1.90	1.85	1.72
	Ca (%)	0.9	0.9	0.9	0.9
	P (%)	0.5	0.5	0.5	0.5
Maní forrajero	Materia seca (%)	-	-	20	-
	Proteína total (%)	-	-	4.5	-
	Fibra cruda (%)	-	-	8.0	-
	FAD	-	-	5.92	-
	EN lactacional (Mcal/kg)	-	-	0.60	-
	Ca (%)	-	-	1.05	-
	P (%)	-	-	0.18	-

Fuente: Batista, J. R. (2011).

4.4.1. Dieta, materia seca, nutrientes y balance energético y proteico en la fase lactacional

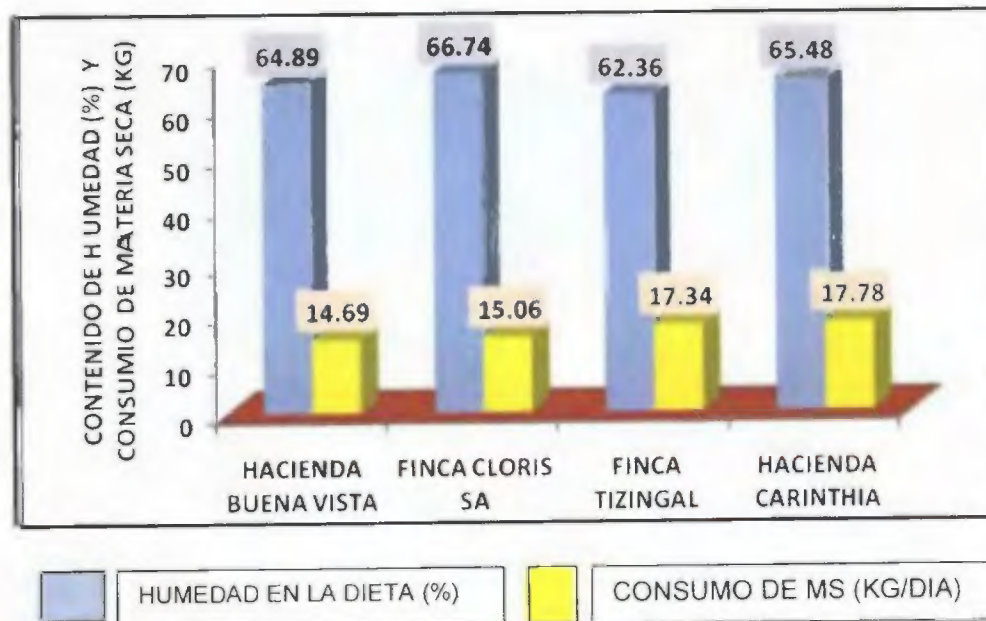
El perfil de alimentación parte de la dieta que se utiliza prevalentemente en Hacienda Buena Vista, Finca Cloris SA, Finca Tizingal y en Hacienda Carinthia, para las cuales resulto un consumo diario de 41.84, 45.28, 46.07 y 51.50 kg al considerar los datos del forraje verde, concentrado, heno y la melaza principalmente. Esta dieta presentó un contenido de materia seca de 14.69, 15.06, 17.34 y 17.78 kg/vaca día. Este consumo de materia seca fue seccionado según la naturaleza forrajes: concentrados, sobresaliendo la relación del aporte de materia seca del concentrado vs. El forraje y la gran dependencia que se tiene del alimento concentrado para la producción de leche en estos sistemas. La materia seca procedente de los forrajes en las Fincas I, II, III y IV fue 44.79, 49.80, 47 y 43.14; por lo cual se deriva que el aporte de la materia seca de los granos en la dieta fue 55.21, 51.20, 53 y 46.86%. Por otro lado, puede observarse, que el contenido de humedad en la dieta fue en Hacienda Buena Vista 64.89%, Finca Cloris SA 66.74%, Finca Tizingal 62.36% y en Hacienda Carinthia 65.48% como se destaca en el cuadro XXXI. Es evidente que la dependencia de la materia seca a partir de los granos es apreciable, pero por otro lado, también se observa que la dieta de la fase crítica de la lactación es superior al 60%. De acuerdo con los investigadores de Vigortone Co de los Estados Unidos (1984, 1988), una dieta

con el 60 al 65% de humedad reduce la producción de leche entre 11.25 y 15.75 lb de leche por día (5.10 a 7.14 kg)

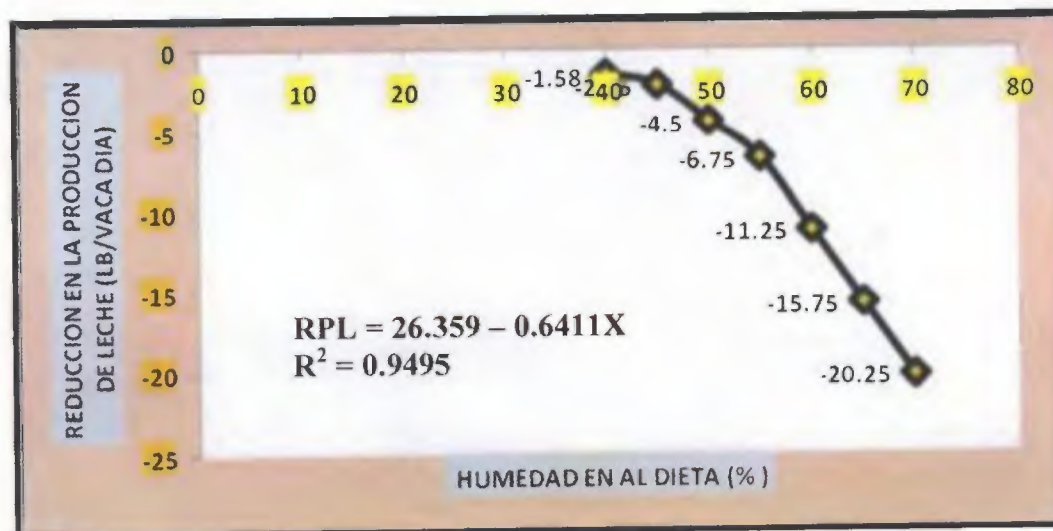
El contenido ideal de humedad en la dieta para la fase lactacional crítica es entre 30 a 40% para evitar los efectos negativos; como son: reducción en el consumo de materia seca, reducción en la producción de leche y escape de nutrientes por alteración de los procesos digestivos, alteración de la tasa del tránsito gastrointestinal y reducción en los procesos de la absorción (Kauffman y Saelzer, 1978, NRC, 1989, 2001)

En las cuatro fincas se observó un alto contenido de humedad, a pesar de que el consumo de materia seca fue de 14.69, 15.06, 17.34 y 17.78 kg/vaca día para Hacienda Buena Vista, Finca Cloris SA, Finca Tizingal y para Hacienda Carinthia (ver gráfica XV). La materia seca de los forrajes represento menos del 50%, motivo por el cual, la influencia de la materia seca de los granos y afines determina que el medio ruminal y los procesos fermentativos ruminales incluyan al menos episodios de acidez, afectando la eficiencia de la digestión bacteriana y el aprovechamiento de los nutrientes derivados (Kauffman y Saelzer, 1978); así como algunos aspectos de la salud, como son las extremidades (Olivieri y Rutter, 2003; Stone, 2004), la reproducción (Olson y Collier, 1984, Oetzel, 1997) y la propia eficiencia lechera (Hutchinson, 1996)

Gráfica XVI: Contenido de humedad (%) y consumo diario de materia seca (kg/vaca día) en la dieta para las vacas en lactación en las fincas evaluadas.



Gráfica XVII: Efecto del contenido de humedad en la dieta sobre la reducción en la producción de leche.



Fuente: Adaptado por Araúz (2009) según datos de Vigortone & Co., USA.

Entre los aspectos más críticos después del consumo de alimento y de materia seca se encuentran el suministro de la EN_{leche} y la proteína total para las vacas en producción. Las dietas que utilizaron las fincas I, II, III y IV presentaron un valor energético de 24 72, 24 68, 30 08 y 27 60 Mcal/día, mientras que el valor en proteína total fue 1982, 2188, 2846 y 3366 g/día. El contenido de proteína en la materia seca de las dietas prevalente fue para hacienda Buena Vista 13 49%, Finca Cloris SA 14 53%, Finca Tizingal 16.41% y para Hacienda Carinthia 18 93% (ver cuadro XXX)

Cuadro XXX: Resumen de la composición de la dieta prevalente para las vacas en producción en Hacienda Buena Vista, Finca Cloris SA, Finca Tizingal y Hacienda Carinthia

Parámetro nutricional	Fincas			
	HBV (I)	FCLSA (II)	FTZ (III)	HCAR (IV)
Dieta Total consumida (kg)	41 84	45 28	46 07	51 50
Materia seca consumida (kg)	14 69	15 06	17 34	17 78
Contenido de agua (kg)	27 15	30 22	28 73	33 72
(%)	64 89	66 74	62 36	65 48
Valor EN_{leche} (Mcal)	24 72	24 68	30 08	27 60
Valor en proteína total (g)	1982	2188	2846	3366
Materia seca Forrajes (%)	44 79	49 80	47 00	43 14
Materia seca granos (%)	55 21	50 20	53 00	56 86
Proteína total (%)	13 49	14 53	16 41	18 93
Fibra cruda (%)	19 67	20 85	18 97	19 01
EN lactacional (Mcal/kg)	1 683	1 639	1 735	1 552
(Mcal/lb)	0 763	0 743	0 787	0 704
Ca (%)	0 78	0 82	0 69	0 73
P (%)	0 51	0 43	0 46	0 56

Fuente: Batista, J. R. (2011)

Otros detalles fueron el contenido de carbohidratos estructurales, calcio y fósforo, los cuales contribuyen a definir el patrón de alimentación para contrastarlo con los requerimientos nutricionales para el mantenimiento, la producción de leche (NRC, 1989, 2002) y otros ajustes como la locomoción y la disipación calórica activa (Yousef, 1985, Araúz, 2006).

Los aportes de la dieta han sido resumidos en el cuadro XXXI, destacando la materia seca total, ENleche, proteína, calcio y fósforo. Los valores presentados corresponden a la dieta de mayor potencial nutritivo que se utiliza en los primeros 120 a 150 días de la fase de producción, ya que todas las fincas utilizan al menos dos lotes por producción, indicándose como lote de alta y baja producción; lote de alta, media y baja producción y otro caso como lote elite, superior, medio y bajo

Cuadro XXXI: Aporte potencial proximal de nutrientes en las diferentes fincas evaluadas según el perfil de la dieta prevalente

Finca	Aporte diario de nutrientes				
	M S (kg)	EN _L (Mcal)	Proteína (g)	Ca (g)	P (g)
Hacienda Buena Vista	14.57	24.72	1982	115	75
Finca Cloris SA	14.63	24.68	2188	123	65
Finca Tizingal	17.50	30.08	2846	120	80
Hacienda Carinthia	16.88	27.60	3366	130	100

Fuente: Batista, J. R. (2011).

Por otro lado en cuanto al balance proximal de la materia seca se determinó que todas las fincas presentaron deficiencias en el aporte de la materia seca con lo que es requerido para el tipo de animal con que cuenta cada explotación. Esto concuerda con estudios realizados por Araúz (1997) y Guillen (2005), quienes resaltan la seria deficiencia en la disponibilidad de pasto que hay en las fincas lecheras grado A en la cuenca lechera de Chiriquí. Esta baja disponibilidad de forraje sumada al bajo contenido de materia seca del pasto se convierte en un bajo consumo diario por parte de los animales y un mayor gasto energético por locomoción lo que se traduce en una disminución de energía para la producción de leche. Por otro lado, la alta proporción de concentrado utilizado en estas fincas provocan desbalances metabólicos en el animal, causando problemas de acidez ruminal por exceso de carbohidratos fácilmente fermentables con sus repercusiones marcadas en problemas como: cojeras, mastitis, deterioro del potencial lactacional y reproductivo (Catillo, 2001; Meléndez et al , 2002)

Hacienda Carinthia presento el mayor valor de proteína y aunque su soporte energético para la producción de leche es alto, existen deficiencias en cuanto al aporte de materia seca en este modelo de alimentación. El exceso de proteína que incrementa el gasto energético y aumenta los problemas reproductivos por excesos de nitrógeno (Ferguson y Chalupa, 1989). El consumo de proteína por encima de las necesidades para la producción genera un efecto negativo sobre el comportamiento reproductivo de vacas lecheras

(Canfield et al., 1990) Un mecanismo por el cual el exceso de proteína en la dieta afecta negativamente el comportamiento reproductivo es por el incremento del gasto energético para desintoxicar al hígado del exceso de amonía (Staples et al , 1998)

En general, el aporte de proteína en las cuatro fincas estudiadas fue excesivo como se detalla en el cuadro XXXII, notándose que la finca IV presenta el valor más elevado 1285 gramos por encima del requisito para estas vacas. La alta fertilización nitrogenada que se practica en estas fincas, el uso de pasto muy tierno por efecto de la alta nubosidad, los pocos días de descanso y el alto suministro de concentrado pudiesen estar incrementando el aporte de proteína cruda que en su mayoría es degradable en el rumen y que si no es utilizada por los microorganismos ruminales, el cual entra al ciclo de la urea agravando el déficit y aumentando los requisitos de energía (Ferguson y Chalupa, 1989)

Cuadro XXXII: Requerimiento diario según los pesos prevalentes al parto ajustado para cada finca evaluada en base al NRC (1989)

		Requerimiento diario para mantenimiento				
Finca	Peso (kg)	MS (kg)	EN _L (Mcal)	Proteína (g)	Ca (g)	P (g)
Hacienda Buena Vista	570	6 95	12 12	394	22 8	16 4
Finca Cloris SA	574	7 00	11 65	394	22 8	16 4
Finca Tizingal	602	7 34	11 64	406	24	17
Haras Carinthia	605	7 38	11 64	406	24	17

EN_{leche} (mant + loc + dis calor) = mant * 1 25 Según la NRC (1989, 2001)

Sin embargo, el requisito de materia seca en los últimos días de la gestación está es calculado como $CMS (\% \text{ pv}) = 1.97 - 0.75 e^{-0.16 (\text{tiempo preparto días})}$ (NRC, 2001). Sin embargo, este requerimiento cambia drásticamente cuando la vaca entra al periodo lactacional; ya que sufre una transición con miras a satisfacer la necesidad de nutrientes y por ende el apetito aumenta gradualmente hasta alcanzar la máxima capacidad del consumo de materia seca. La NRC (2001) ha establecido que el requerimiento de materia seca para la vaca en lactación es asociada con la siguiente ecuación:

$$CMS_{(\text{kg/día})} = (0.372 \times LCG4\% + 0.0968 \times PV^{0.75}) \times (1 - e^{(-0.192 \times (SL + 3.67))})$$

Donde, LCG es la producción de leche corregida por grasa láctea al 4%, e es el valor logarítmico base 2 71828 y SL es la semana de la lactación. La ecuación se aplica en las primeras 16 semanas para ajustar la predicción en el consumo de materia seca de acuerdo con la evolución del apetito, que ya había sido descrito por McCullough (1999) y que ahora la NRC (2001) ha tomado como norma.

El balance potencial para la producción de leche se muestra en el cuadro XXXIII; en el cual se destacan que el mejor balance energía proteína lo tiene Hacienda Buena Vista con 18.26 kg de leche por energía y 18.90 kg por proteína total. Le sigue Finca Cloris SA con 18.88 kg de leche por Energía neta lactacional y 21.36 kg de leche por proteína. Finca Tizingal posee un mayor potencial energético y proteico para sostener la producción de leche; sin

que ello signifique un alto riesgo por alta proteína si el potencial lactacional de las vacas alcanza los 21 a 24 kg de leche/día. En Hacienda Carinthia se observó que el potencial energético para leche es 23 13 kg/día; sin embargo, el nivel de proteína en la dieta es exagerado, alcanzando una disponibilidad de 2960 g/día. Esto representa un problema para el metabolismo nitrogenado de las vacas como se presenta en el cuadro XXXIII

Cuadro XXXIV. Soporte lactacional energético y proteico de las dietas según el sistema de alimentación en las fincas estudiadas.

Finca	Detalle	ENleche	proteína
Hacienda Buena Vista	Requerimiento	12 12	1982
	Valor Dieta	24 72	394
	Soporte para Leche (Mcal, g)	+ 12 60	+ 1588
	Potencial Lechero (kg)	18 26	18 90
Finca Cloris SA	Requerimiento	11 65	2188
	Valor Dieta	24 68	394
	Soporte para Leche (Mcal, g)	+ 13 03	+ 1794
	Potencial Lechero (kg)	18 88	21 36
Finca Tizingal	Requerimiento	11 64	2846
	Valor Dieta	30 08	406
	Soporte para Leche (Mcal, g)	+18 44	2440
	Potencial Lechero (kg)	26 72	29 05
Hacienda Carinthia	Requerimiento	11 64	3366
	Valor Dieta	27 60	406
	Soporte para Leche (Mcal, g)	+15 96	2960
	Potencial Lechero (kg)	23 13	35 23

El balance energético proximal indicó que los sistemas de alimentación de las fincas HBV, FCLSA, FTZ y HCAR presentaron un balance positivo de energía neta lactacional para mantener un potencial de producción de leche de hasta

18.26, 18.88, 26.72 y 23.23 kg por día con 3.5% de grasa. El balance energético para animales de mayor producción sería negativo; y estas producciones extra dependerían de la utilización de las reservas corporales y por ende es de esperarse las repercusiones negativas sobre producción, reproducción y estado general de las vacas en lactación (Butler y Smith, 1989)

El balance energético lactacional proyectado indica que el aporte de energía neta lactacional por parte de la dieta es un factor altamente limitante de la producción lechera, y más aun, cuando se emplean los sistemas de pastoreo en el medio tropical, donde el requerimiento de energía es afectado por la locomoción, disipación calórica, y por los factores de manejo alimentario como lo son: disponibilidad de pasto y calidad de los mismos (Bauman y Currie, 1980, Larson, 1985; Araúz, 2004)

4.5. Indicadores Acumulativos de la Producción de Leche y el desempeño lactacional

El desempeño lactacional para las cuatro fincas evaluadas fue fundamentado en el examen de la producción de leche real, producción de leche ajustada a 305 días, producción de leche ajustada a 100 días, tiempo en ordeño y valor relativo de la producción. El análisis incluyó dos fuentes de variación más relevantes fueron la raza (Holstein y Pardo Suizo) y los partos (desde el 1^{ro} al 9^{no}) y dos factores covariativos; siendo estos; el periodo seco (descanso

preparto) y el intervalo entre partos previo a la lactación vigente, con excepción de para la primera lactación.

4.5.1 Producción de leche real y duración de la fase lactacional

La producción de leche real corresponde a la producción láctea acumulada durante todo el periodo de producción en que se mantiene la vaca independientemente de los factores de ajustes para el estado lactacional como lo son 100, 200 o 305 días. Permite medir en la práctica el desempeño de la vaca de acuerdo con su perfil reproductivo y el manejo que se le suministre por razones de producción, economía y salud propiamente. En el presente estudio se encontró que este indicador lactacional fue diferente entre las razas Holstein y Pardo Suizo ($P < 0001$), y a la vez también diferente entre los partos ($P < .0001$). Pudo observarse que la producción de leche real fue diferente entre las razas a través de los diferentes partos ($P < 01$), y la misma fue afectada por el periodo seco o periodo de descanso preparto ($P < 0001$) y por el intervalo entre parto previo ($P < .0001$) como se presenta en el cuadro XXXIV.

Es evidente, que la producción de leche ha sido reportada como una función altamente variable y en consecuencia; los factores de manejo y el clima son unos de los factores más determinantes de la variación (Bath et al., 1986).

Cuadro XXXIV: Análisis de varianza – covarianza para la producción de leche real en las fincas Hacienda Buena Vista, Finca Cloris SA, Finca Tizingal y Hacienda Carinthia

FUENTE DE VARIACION	GL	Suma de Cuadrados TIII	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
MODELO	20	2939020998	146951050	37.93	< 0001
RAZA (A)	1	412409246.7	412409246.7	106.44	< 0001
PARTOS (B)	9	250575711.9	27841745.8	7.19	< 0001
A*B	8	70958437.6	8869804.7	2.29	0.0193
PERIODO SECO	1	252346174.7	252346174.7	65.13	< 0001
INTERVALO ENTRE PARTOS	1	630755730.9	630755730.9	162.79	< 0001
Error		2489	9644034356	3874662	
Corrected Total		2509	12583055354		

Sin ajuste Covariativo	R-Square	Coeff Var	Root MSE	PLREAL Mean
	0.233570	31.22541	1968.416	6303.892
Con Ajuste Covariativo	R-Square	Coeff Var	Root MSE	PLREAL Mean
	0.438588	26.88721	1694.941	6303.892

La producción de leche real se encuentra supeditada al tiempo en que se mantenga la vaca en la fase lactacional; motivo por el cual se incluyó en este renglón el tiempo en ordeño. La longitud de la lactación real fue afectada por los partos ($P < 0001$) y también por los factores covariativos que fueron en tal caso el periodo seco preparto y el intervalo entre los partos antes de la lactación evaluada. Este parámetro no fue afectado por la raza y en consecuencia se deriva que la magnitud y tendencia del tiempo en ordeno fue el mismo en las vacas Holstein y Pardo Surizo, aunque es diferente al asociarse con los partos (ver cuadro XXXV).

Cuadro XXXV: Análisis de varianza – covarianza para el tiempo en ordeño o duración lactacional real en las fincas Hacienda Buena Vista, Finca Cloris SA, Finca Tizingal y Hacienda Carinthia

FUENTE DE VARIACION	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio Tipo III	Valor F	Pr > F
Modelo	20	397008 27	119850 41	15 48	< 0001
A	1	17450 486	17450 486	2 25	0 1334
B	9	1567017 374	174113 042	22 49	< 0001
A*B	8	17365 008	2170 626	0 28	0 9726
PERIODO SECO	1	956264 249	956264 249	123 54	< 0001
INTERVALO ENTRE PARTOS	1	1883677 922	1883677 922	243 35	< 0001
Error		2489	19266272 200	7740 57	
Corrected Total		2509	21663280 46		
Sin ajuste covarativo	R-Square	Coeff Var	Root MSE	TOR Mean	
	0 110648	24 73557	87 98049	355 6841	
Con ajuste Covarativo	R-Square	Coeff Var	Root MSE	TOR Mean	
	0 110316	24 89065	88 53207	355 6841	

La producción de leche real alcanzó el máximo en la tercera lactación en las vacas Holstein y Pardo Suizo. Sin embargo, la raza Holstein fue superior ya que la media ajustada en el tercer parto fue 7902.59 ± 2445.02 kg con una extensión lactacional de 366.08 ± 105.63 ; mientras que en la raza Pardo Suizo la producción láctea real correspondiente fue 6020.18 ± 2058.35 kg con periodo lactacional de 357.19 ± 90.61 días (ver cuadro XXXVII y XXXVIII). La Holstein fue superior en 1882.41 kg que corresponde al 31.27% con una diferencia del tiempo en ordeño de 8 89 días.

La tendencia de la producción de leche real en la raza Holstein y Pardo Suizo fue curvolineal con una trayectoria polinómica del tercer grado como se presenta en las gráficas XVII y XVIII. Sin embargo, en la raza Holstein la

ponderación fue hasta la 9^{na} lactación; mientras que en la Pardo Suizo fue hasta la 10^{ma} respectivamente

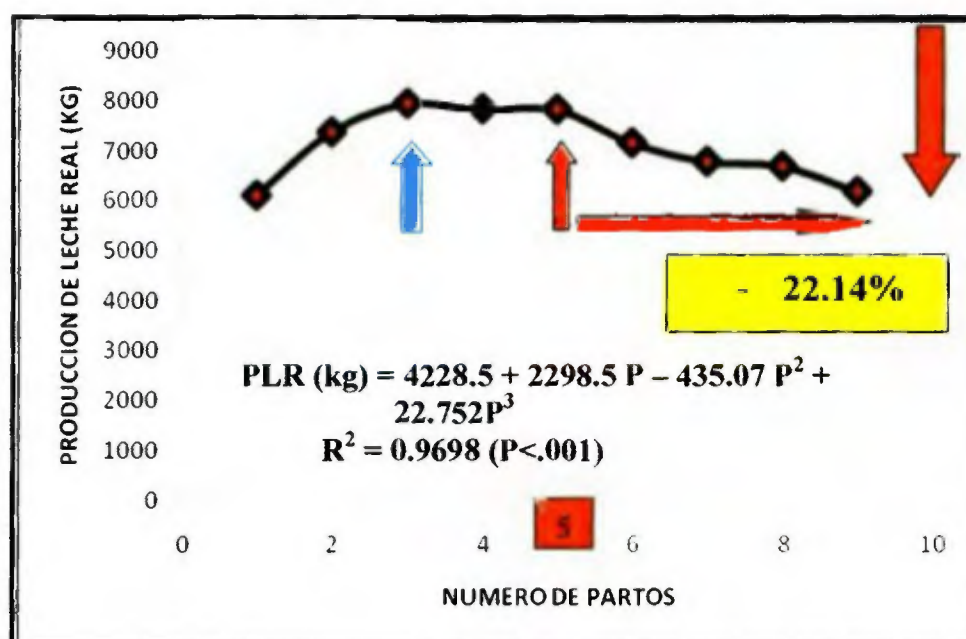
Cuadro XXXVI: Medias cuadradas ajustadas para la producción de leche real y el tiempo en ordeño en las raza Holstein según el número de la lactación en condiciones de tecnología lechera Grado A en Pastoreo y Suplementación energético – proteica

Partos	n	Producción de Leche Real (kg)	Duración Lactacional (Días)	Promedio Estándar (kg/día)
1	172	6063 40 ± 1905 00	383 99 ± 98 43	15.79
2	263	7330 40 ± 2248 49	359 11 ± 97.10	20 41
3	215	7902 59 ± 2445.02	366 08 ± 105.63	21 59
4	154	7798.27 ± 2401.54	361.42 ± 100 70	21 58
5	94	7788.77 ± 2117.34	366.50 ± 117 40	21.25
6	49	7121.47 ± 1947 76	352.88 ± 81 40	20.18
7	28	6749 89 ± 2646 06	345 25 ± 86 21	19.55
8	11	6658 36 ± 2028.41	341 00 ± 89.19	19.53
9	5	6152 60 ± 1728 22	329 80 ± 46.35	18 66

La decadencia lactacional real para las vacas Holstein ocurrió desde la 5ta lactación con una tasa de – 22%; aunque se observó una estabilidad entre la 3ra y 5ta lactación. Esto ocurrió cuando la capacidad de mantenerse en ordeno descendió desde 383 99 a 329 8 días que correspondió a una reducción en el periodo lactacional de 14.11%. En la raza Pardo Suizo se produjo una modificación de la producción de leche real desde 6020.18 ±

2058.35 a 4803.79 ± 1670.55 kg; evidenciando una reducción del 19.21% pero a partir de la 4ta lactación y con una modificación de la extensión láctea desde 364.41 a 314.27 días (- 13.76%).

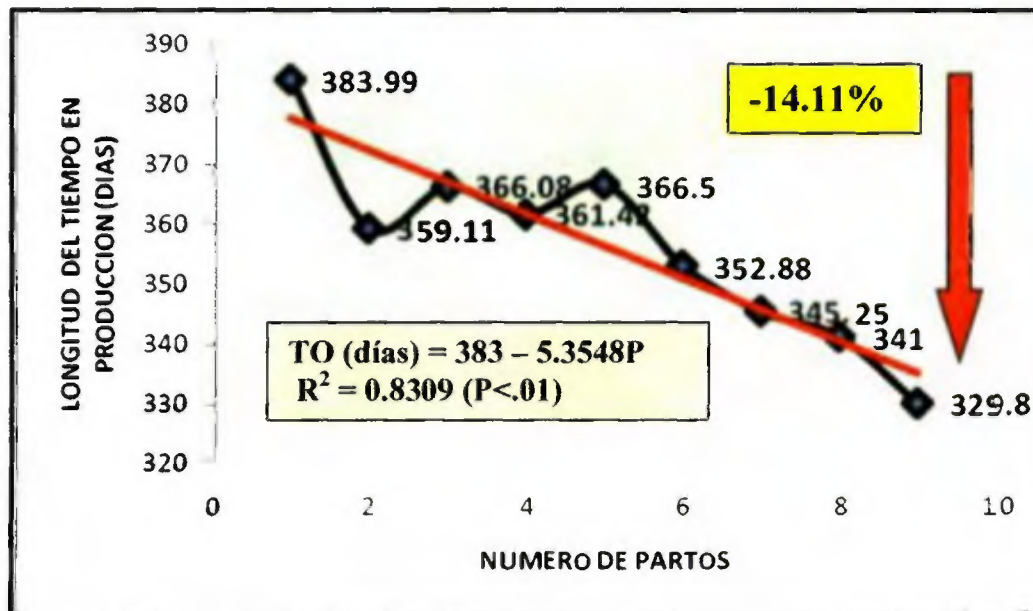
Gráfica XVIII: Tendencia de la producción de leche real en la raza Holstein de acuerdo con el número de partos en condiciones de tecnología lechera Grado A bajo pastoreo en el medio tropical.



La decadencia del periodo en ordeño mostró una modificación para la raza Holstein y Pardo Suizo que fue consistente a partir de la primera lactación; como puede verificarse en las gráficas XVIII y XX. En la raza Holstein la modificación fue de -5.35 días por cada parto a partir de los 383.99 días con el

valor ajustado de intercepción de 383 días en producción; mientras que en la raza Pardo Suizo fue -4.17 días por cada parto a partir de los 364.41 días con un valor de intercepción ajustado de 365.66 días.

Gráfica XIX: Tendencia del tiempo en ordeño acumulado según los partos en las vacas Holstein en condiciones de tecnología lechera Grado A en pastoreo en el medio tropical.



La producción de leche real mostró una tasa de deterioro compatible con el patrón biolactacional en la raza Holstein; en la cual se produjo un aumento de la 1^{ra} a la 3^{ra} lactación; siendo estable entre la 3^{ra} y 5^{ta} lactación; así como también se evidenció el deterioro en la capacidad galactopoiética por longevidad. Adicionalmente, esta capacidad fue afectada por el índice de contracción galactogénica; el aula fue prematuro ya que la duración de la fase

de lactación debe ser estable aun en la práctica en las primeras cuatro a cinco lactaciones (Mephram, 1983; Larson, 1985)

La decadencia lactacional en la raza Holstein fue más conservadora de acuerdo con la magnitud de la producción de leche real, mientras que la duración en ordeño mostró un cambio drástico de orden negativo mas correlacionado con un desgaste excesivo de las reservas corporales para enfrentar de manera compensatoria la presión metabólica asociada con un balance energético negativo y complementado por limitaciones en el manejo nutricional preparto de la vaca de leche con antecedentes lactacionales tal como se caracteriza en los sistemas y tropicales donde la locomoción, el estrés calórico y las limitaciones nutricionales de las dietas no acompañan el balance nutricional para facilitar la expresión biolactacional normal (Hutchinson, 1996, Araúz, 2006, Arauz et al , 2010)

En las vacas Pardo Suizo se observó que la producción real fue inferior a las de la raza Holstein, no obstante, la tendencia fue prácticamente igual (curvolineal polinómica de tercer grado) Sin embargo, aquí la producción sufrió una reducción a partir de la tercera lactación ya que en la 4ta lactación se produjo una reducción apreciable como puede observarse en la gráfica XIX con un cambio de $- 20.21\%$. La máxima producción se logró en la tercera lactación (6020.18 ± 2058.35 kg) con una duración de 357.19 ± 90.61 kg y una reducción total de $- 20.21\%$ Este índice no presento una tendencia normal por

biología lactacional; al igual que el tiempo en producción se modificó drásticamente, presentando una trayectoria muy irregular con un diferencial de - 13 76%. Las fincas que aportaron la mayor proporción de animales Pardo Suizo se encuentran ubicadas en el entorno microclimático más comprometido de acuerdo con el índice ITH normal y ajustado por velocidad del viento y radiación solar. En las fincas con Pardo Suizo hubo una influencia más considerable del estrés calórico; donde el ITH promedio diurno osciló para Hacienda Buena Vista entre 70 75 y 85 16 con un ITH_{VWRSD} de 81 82 y para Finca Cloris SA entre 68 27 y 81 18 con un ITH_{VWRSD} de 79 17

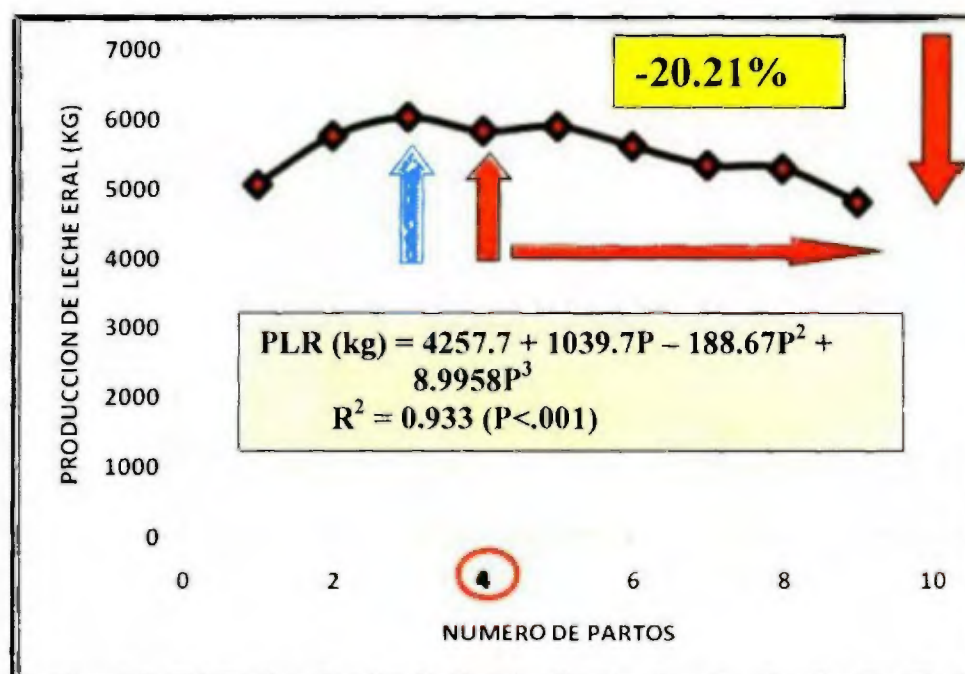
Cuadro XXXVII. Medias cuadradas ajustadas para la producción de leche real y el tiempo en ordeño en las raza Pardo Suizo según el número de la lactación en condiciones de tecnología lechera Grado A en Pastoreo y con suplementación energético – proteica

Partos	n	Producción de Leche Real (kg)	Duración Lactacional (Días)	Promedio (kg/día)
1	205	5049.73 ± 1725.95 a	364.41 ± 100.99 a	13.86
2	350	5749.43 ± 1873.22 b	350.09 ± 89.11 a	16.38
3	283	6020.18 ± 2058.35 b	357.19 ± 90.61 a	16.85
4	223	5819.17 ± 1960.45 b	339.22 ± 72.55 b	17.15
5	167	5887.93 ± 2167.29 b	352.83 ± 99.09 a	16.69
6	116	5605.11 ± 1692.40 b	344.02 ± 72.85 a	16.29
7	80	5331.53 ± 1523.60 b	333.80 ± 67.17 b	15.97
8	51	5284.98 ± 1310.67 b	337.25 ± 56.91 b	15.67
9	29	4803.79 ± 1670.55 c	334.03 ± 83.99 b	14.38
10	15	4010.27 ± 709.32 d	314.27 ± 44.59 c	12.76

Las medias con las letras ab, bc, ac, cd y bd difieren al 1% ($P < 0.01$) y ac no difieren al 5% ($P > 0.05$)

La producción láctea se redujo de manera prematura a partir de la tercera lactación con una tasa de -20.21% hasta la 9^{na} lactancia; con el cuarto periodo de producción como referencia modificada y partiendo de los 6020.18 ± 2058.35 kg (ver gráfica XX).

Gráfica XX: Tendencia genérica de la producción de leche real según el número de partos en la raza Pardo Suizo en condiciones de tecnología lechera Grado A en el medio tropical.



Esta modificación debe ser el resultado del desbalance energético y proteico durante la fase crítica de la lactación (primeros 150 días); ya que el soporte energético y proteico para la producción de leche en Hacienda Buena Vista fue de 18.26 kg por energía neta lactacional y 18.90 por proteína; mientras que para Finca Cloris SA fue 18.88 kg por energía neta lactacional y 21.36 kg por

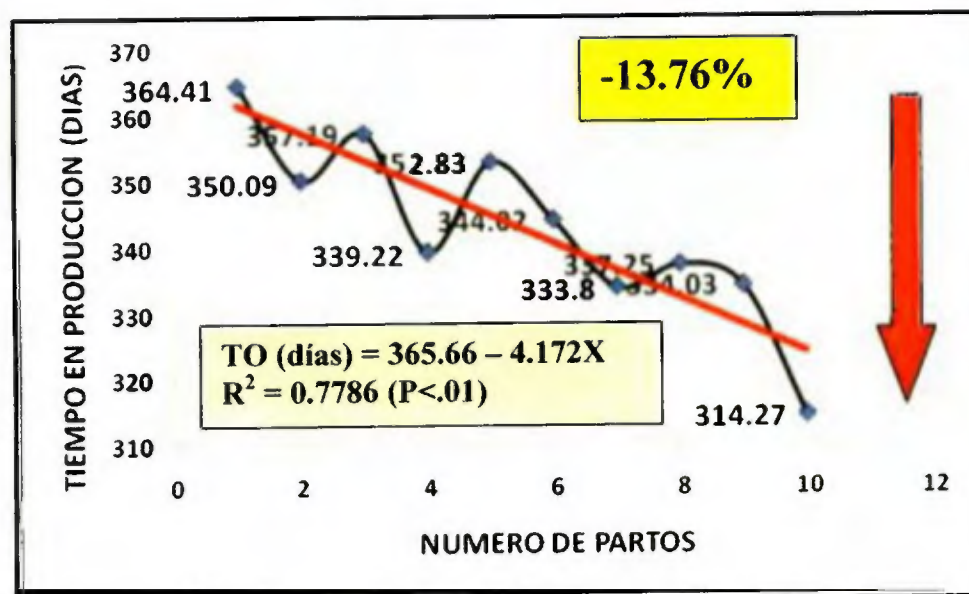
proteína total Según la producción real, en los primeros 90 días de producción se debe alcanzar cifras entre 20 y 30 kg/día, motivo por el cual se hace más apremiante la influencia del estado nutricional energético y proteico negativo sobre el propio desempeño lactacional (Butler y Smith, 1989)

La reducción irregular y episódica de la duración lactacional en la raza Pardo Suizo durante para los primeros 10 partos sugiere que el estado nutricional en la fase crítica lactacional, en la de recuperación y en el periodo preparto no fue consecuente con la recuperación de las reservas corporales, por lo cual, se generó una tendencia regresiva negativa con episodios compensatorios como se ilustra en la gráfica XX a continuación. Esta misma tendencia se observó en las primeras cinco lactaciones en la raza Holstein, pero luego la decadencia por longevidad fue regular pero negativa.

La producción de leche total acumulada en las fases lactacionales reales indican que la raza Holstein es superior a la raza Pardo Suizo; sin embargo, el entorno microclimático y nutricional no fueron paralelos a las necesidades de la vaca Pardo Suizo en lactación como para hacer una distinción meramente genética. Los animales de la raza Pardo Suizo recibieron el mayor grado de estrés calórico y las mayores limitaciones energéticas y proteicas, en consecuencia, es meritorio la adecuación de estos dos aspectos foráneos al animal para hacer una diferenciación biolactacional real en condiciones de

campo más justas en concordancia con el potencial genético; tanto en la Pardo Suizo como en la raza Holstein propiamente.

Gráfica XXI: Tendencia del tiempo en ordeño real para la raza Pardo Suizo según el número de partos y la producción de leche Grado A en el medio tropical bajo pastoreo.



4.5.2. Producción de leche ajustada a 305 días

La producción de leche acumulada hasta los 305 días fue afectada por la raza, los partos, el periodo seco y el intervalo entre los partos ($P < 0.0001$) si se observa el análisis de varianza y covarianza en el cuadro XXXIX. El cambio más marcado en la producción de leche ajustada a 305 días se observó entre la 1^{ra} y 3^{ra} lactación; correspondiendo para la raza Holstein una evolución lactopoiética de + 1821.70 kg; no obstante, el 79.25% de ese incremento

ocurrió entre la 1^{ra} y la 2^{da} lactación y el 20 75% entre la 2^{da} y 3^{ra} propiamente. En la raza Pardo Suizo, el cambio entre la 1^{ra} y 3^{ra} lactación resultó en + 1054 77 kg, de los cuales 846 70 kg ocurrieron entre la 2^{da} y 3^{ra} lactación, siendo esta complementada por 208 70 kg que fue el diferencial entre la 2^{da} y 3^{ra} lactación para corresponder con el 19 75% del incremento en las primeras tres lactaciones. La tendencia en la producción de leche a 305 días fue paralela en las razas Holstein y Pardo Suizo; sin embargo, la raza Holstein fue superior con un diferencial en la tercera lactación de 29% (ver el cuadro XLI).

Cuadro XXXVIII: Análisis de varianza – covarianza para la producción de leche ajustada a 305 días según la raza y el número de partos en lecherías Grado A

FUENTE DE VARIACION	Suma de		Cuadrado Medio Tipo III	Valor F	Pr > F
	GL	Cuadrados			
Modelo	20	1855630477	92781524	63 63	< 0001
RAZA (A)	1	282616749 9	282616749 9	193 81	< 0001
PARTOS (B)	9	105225286 8	11691698 5	8 02	< 0001
A*B	8	44463143 2	5557892 9	3 81	0 0002
PERIODO SECO	1	123371318 9	123371318 9	84 61	< 0001
INTERVALO ENTRE PARTOS	1	175897565 6	175897565 6	120 63	< 0001
ERROR		2489	3629429507	1458188	
CORRECTED TOTAL		2509	5485059985		
Sin ajuste Covariativo	R-Square	Coeff Var	Root MSE	PL305 Mean	
	0.338306	21.93512	1207.554	5505.119	
Con Ajuste Covariativo	R-Square	Coeff Var	Root MSE	PL305 Mean	
	0.552877	18.14087	998.6763	5505.119	

De igual forma, es preciso indicar que las vacas Pardo Suizo tuvieron mayores limitaciones Microambientales y nutricionales durante su fase de producción,

por lo cual, el potencial genético propiamente debe ser considerado con reserva debido a la influencia de la limitación energética y proteica para la producción de leche con una influencia mayoritaria del estrés calórico; especialmente en la época seca y más en la fase diurna.

La producción de leche a 305 días máxima alcanzada en la raza Holstein en condiciones de pastoreo en un medio micro climático próximo a la condición termoneutral fue de 6794.25 kg en comparación con la producción referencial en hatos elites de Estados Unidos de 11680 kg señalada por Visser y Wilson (2006) Mientras que la cifra de la raza Pardo Suizo fue 5269 44 kg en comparación con la producción equivalente de 9830 kg según Visser y Wilson (2006). Esto significa que el sistema de producción lechera tropical con pastoreo y suplementación energético – proteica está logrando el 58 17% en la raza Holstein y el 53 61% de la cifra referencial en la raza Pardo Suizo. En consecuencia, estos resultados indican que es preciso la revisión de las condiciones de manejo nutricional y del entorno micro climático que pueden estar limitando la capacidad genética de la vaca lechera en Panamá, especialmente cuando no se cubren los requerimientos nutricionales para una producción láctea superior a los 22 kg/día (NRC, 1989, 2002). No debe descartarse la posibilidad de que genéticamente también haya limitaciones en los hatos nuestros, sobre todo cuando existen limitaciones anatómicas y funcionales ligadas a la genética y que interfieren con la vida productiva de la vaca en las condiciones del trópico húmedo como señala Araúz (2009)

4.5.3. Producción de leche ajustada a 100 días (PL100d)

La producción de leche acumulada en los primeros 100 días es un indicador del potencial genético de la vaca lechera (Wilcox et al , 1978; Bath et al., 1986), cuyo valor permite juzgar al mismo tiempo la influencia que tienen los factores ambientales como el manejo nutricional y los problemas de salud. En el presente estudio se encontró que la producción de leche a 100 días fue diferente entre las vacas de la raza Holstein y Pardo Suizo ($P < .0001$); al mismo tiempo que también el número de partos estuvo asociado con la variación ($P < 0001$)

En el análisis estadístico se encontró igualmente que la trayectoria fue diferente entre las razas Holstein y Pardo Suizo a través de los partos ($P < 001$). La inclusión del periodo seco y el intervalo entre partos previos fueron relevantes en calidad de covariables ambas ($P < 0001$) como se presenta en el cuadro XXXIX

El comportamiento de la producción de leche a 305 días fue curvilineal polinómico del 4^{to} grado según el número de partos y el mismo se describe en la gráfica XXI, evidenciando el deterioro por longevidad más la contribución de otros factores de manejo e involución biológica (ver cuadros). Las trayectorias en las razas Holstein y Pardo Suizo fueron consistentes y por ende los coeficientes de determinación fueron 0.98 y 0.99 respectivamente

Cuadro XXXIX: Análisis de varianza – covarianza para la producción de leche ajustada a 100 días para la raza Holstein y Pardo Suizo según el número de partos en lecherías especializadas

FUENTE DE VARIACION	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio Tipo III	Valor F	Pr > F
Modelo	20	274029066 2	13701453 3	76 23	< 0001
RAZA	1	42043234 64	42043234 64	233 93	< 0001
PARTOS	9	23777463 33	2641940 37	14 70	< 0001
A*B	8	4748545 82	593568 23	3 30	0 0009
PERIODO SECO	1	14258032 00	14258032 00	79 33	< 0001
INTERVALO ENTRE PARTOS	1	16987959 52	16987959 52	94 52	< 0001
ERROR		2489	447340080 6	179726 8	
TOTAL CORREGIDO		2509	721369146 9		

Sin ajuste covariativo	R-Square	Coeff Var	Root MSE	PL100 Mean
	0.379874	19.55639	423.9420	2167.792
Con ajuste Covariativo	R-Square	Coeff Var	Root MSE	PL100 Mean
	0.554711	16.67257	361.4268	2167.792

La trayectoria de la producción de leche a 100 días también fue curvolineal de acuerdo con el número de partos y la cual es proyectada en las gráficas XXII

La tendencia fue muy parecida pero con diferente ubicación de acuerdo con las magnitudes acumuladas dado la superioridad de la Holstein en términos de su capacidad lactopoiética respectiva

Cuadro XL: Medias cuadradas ajustadas de la producción de leche a 305 y 100 días en la raza Holstein en tecnología lechera Grado A en el medio tropical

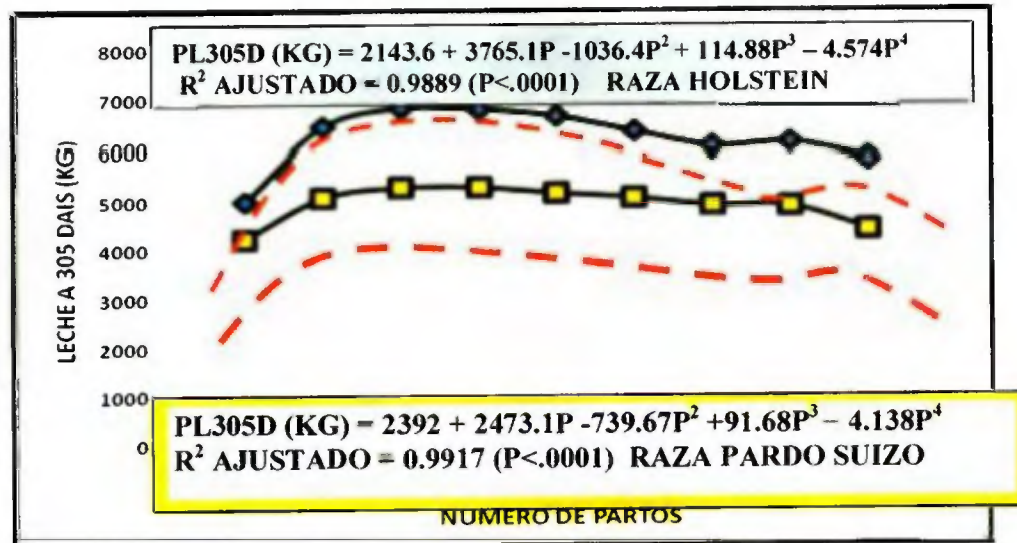
Partos	n	Producción de Leche a 305 días (kg)		Producción de leche a 100 días (kg)	
		Media	Desv. Est.	Media Est.	Desv. Est.
1	172	4972.55	± 1127.71	a	1878.22 ± 394.83 ^a
2	263	6416.61	± 1365.69	b	2484.01 ± 481.01 b
3	215	6794.25	± 1458.92	b	2633.49 ± 501.84 b
4	154	6774.55	± 1395.80	b	2667.49 ± 494.53 b
5	94	6634.89	± 1199.65	b	2607.36 ± 426.29 b
6	49	6325.82	± 1393.67	b	2506.57 ± 478.84 b
7	28	6028.32	± 1672.21	c	2445.39 ± 493.51 b
8	11	6096.45	± 1378.69	c	2549.73 ± 560.52 b
9	5	5798.40	± 1349.26	d	2486.20 ± 494.57 b

Medias con letras ab, ac y bc difieren al 1% ($P < 0.01$), lo contrario no difieren ($P > 0.05$)

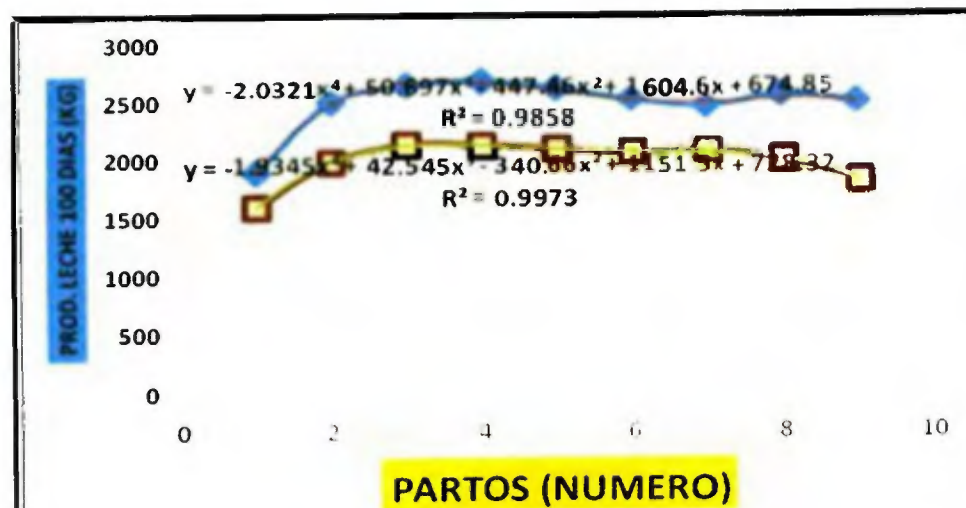
Cuadro XLI: Medias cuadradas ajustadas para la producción de leche a 305 y 100 días para la raza Pardo Suizo en condiciones de tecnología lechera Grado A en el medio tropical

Partos	n	Producción de Leche a 305 días (kg)		Producción de leche a 100 días (kg)	
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.
1	205	4211.89	± 918.22	a	1580.82 ± 362.22 a
2	350	5058.59	± 1199.08	b	1972.57 ± 444.95 b
3	283	5266.66	± 1263.44	b	2114.68 ± 425.74 b
4	223	5269.44	± 1345.37	b	2110.77 ± 431.05 b
5	167	5154.89	± 1158.70	b	2076.17 ± 401.86 b
6	116	5058.19	± 1126.24	b	2044.46 ± 361.28 b
7	80	4901.94	± 1038.18	b	2061.70 ± 346.91 b
8	51	4879.82	± 896.89	b	1985.23 ± 395.76 b
9	29	4403.86	± 860.79	a	1822.52 ± 337.22 b
10	15	3774.33	± 553.18	c	1627.13 ± 215.62 a

Gráfica XXII: Trayectoria de la producción de leche ajustada a 305 días para la raza Holstein y Pardo Suizo a través en nueve lactaciones según las condiciones de tecnología lechera Grado A en el medio tropical húmedo.



Gráfica XXIII: Trayectoria de la producción de leche ajustada a 100 días para la raza Holstein y Pardo Suizo a través según el número de partos en condiciones de tecnología lechera Grado A en el medio tropical montañoso.



La producción de leche real, a 100 días y a 305 días evaluada; tomando en cuenta la influencia del periodo seco o de descanso y el intervalo entre partos; ya que el análisis de covarianza demostró cierta influencia. En el cuadro XLIII se presentan las medias cuadradas ajustas, las cuales demuestran que estas dos condiciones usualmente relacionadas con la reproducción de la vaca lechera tienen también su importancia sobre el rendimiento lactacional ulterior, aun cuando el sistema de pastoreo, el estrés calórico moderado y el potencial nutritivo de la dieta constituyen una limitación para el desempeño lactacional de la vaca lechera en el medio tropical húmedo

Cuadro XLII: Medias cuadradas ajustadas por covarianza a partir del periodo seco e intervalo entre parto según el parto y la raza

		PLREAL			
RAZA	PARTOS	LSMEAN	TOR LSMEAN	PL305d LSMEAN	PL100d
1	1	7568.69506	464.147586	5715.27259	2102.81561
1	2	6995.97013	340.938418	6242.68259	2430.28437
1	3	7726.64935	356.659937	6706.06949	2606.65959
1	4	7446.65821	342.332069	6592.11456	2611.17983
1	5	7601.35419	356.650803	6545.64306	2580.78398
1	6	6797.79724	335.610439	6165.31309	2457.93433
1	7	6555.25556	334.499777	5922.72147	2412.23965
1	8	6449.43784	329.648913	5987.76557	2516.14549
1	9	5969.11470	320.202299	5712.13723	2460.65982
2	1	6575.91127	445.885794	4970.01218	1810.71810
2	2	5457.28478	335.042034	4926.92582	1934.34872
2	3	5721.90749	341.259346	5118.36035	2069.70168
2	4	5516.93580	323.024671	5117.90586	2064.64363
2	5	5721.48378	343.888119	5070.89264	2050.53619
2	6	5294.98037	327.577406	4907.00772	1998.98037
2	7	5169.36845	325.028545	4818.53566	2036.04699
2	8	5102.20365	327.509248	4789.31247	1957.82367
2	9	4546.69622	320.379637	4277.87388	1784.52988
2	10	3868.85814	306.386673	3695.88642	1602.30451

PLREAL Producción de leche real (kg)

TOR Tiempo en ordeño (días)

PL305d Producción de leche ajustada a 305 días (kg)

PL100d Producción de leche ajustada a 100 días (kg)

4.5.4. Periodo seco o Periodo de descanso

El periodo de recuperación antes del parto corresponde al tiempo que se le da a la vaca a partir del secado hasta que se presente el parto. En el mismo se busca que se logre restablecer la salud hepática, digestiva y ruminal después de haber sido expuesta a las dietas altas en granos y en consecuencia este periodo se usa para que el animal recupere su sistema digestivo y metabólico y a la vez se culmine de recuperar en sus reservas corporales después de la fase lactacional que suele tomar entre 240 y 365 días (Bath et al , 1986; Wilcox et al , 1978). Este periodo ha sido indicado alrededor de los 60 días, sin embargo, Rastani et al , (2005) ha indicado que el periodo seco es preferible que sea de alrededor de 30 días, con lo cual no se comprometen la condición del sistema mamario ni la calidad del calostro, y mucho menos la próxima lactación.

El periodo seco es muy variable dado que hay factores de manejo y control reproductivo, así como de producción que puede alterarlo y por ende, es un indicador que tiende a tener un alto coeficiente de variación. En nuestro estudio, no fue una excepción, ya que mostró una alta desviación estándar a la par de una media relativamente alta. Sin embargo, el análisis de varianza indicó que el mismo no fue diferente entre las razas ($P > .05$), pero si lo fue entre los partos ($P < .0001$) si observamos los resultados estadísticos del cuadro XL. Las medias del periodo seco a partir de la segunda lactación o parto fueron

muy amplias para las razas Holstein y Pardo Suizo como se observa en la gráfica XXIII.

El rango para la raza Holstein fue 99 y 122 días y para la raza Pardo Suizo entre 98 y 142 días (ver cuadro XLIII) La proyección de las medias a partir del segundo parto se ilustran en la gráfica XXIII y el detalle cuántico se presenta en el cuadro XLIII y XLIV.

Cuadro XLIII: Análisis de varianza – covarianza para la producción de leche ajustada a 100 días para la raza Holstein y Pardo Suizo según el número de partos en lecherías especializadas

FUENTE DE VARIACION	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio Tipo III	Valor F	Pr > F
Modelo	18	3343503 47	185750 19	17 17	< 0001
RAZA (A)	1	8658 087	8658 087	0 80	0 3711
PARTOS (B)	9	3046897 393	338544 155	31 29	< 0001
A*B	8	105600 731	13200 091	1 22	0 2827
Error		2491	26947667 46	10818 01	
Corrected Total		2509	30291170 92		
R-Square	Coef	Var	Root MSE	PS Mean	
	0 110379	99 92776	104 0097	104 0849	

Las medias ajustada según el número de parto mostraron una tendencia variable que no fue diferente estadísticamente pero que demuestra que los días de seca son altos, lo cual conlleva grandes pérdidas por producción y problemas reproductivos (Wilcox, 1978) El índice ideal es de 65 para ganado

lechero (Schmidt y Van Vleck, 1979). Aunque, en la actualidad la tendencia es utilizar periodos secos cortos de 30 - 45 días ya que no parece variar la producción de leche en la lactancia subsiguiente en comparación con un periodo seco tradicional pero se observan beneficios en índices reproductivos como un intervalo más corto entre el parto y la primera ovulación y posiblemente un mejor desempeño reproductivo (Gumen et al., 2005; Rastani et al., 2005). Por otro lado periodos secos muy largos producen una disminución en la producción de leche (Wilcox, 1978), y efectos negativos en la reproducción principalmente por excesos de condición corporal al parto lo que afecta el metabolismo energético posparto y la ingestión de materia seca (Gument et al., 2005).

Las medias ajustadas mostraron periodos secos muy prolongados en las vacas en lactación, principalmente en vacas de cuarta y quinta lactancia en la raza Holstein 120 y 121 días de seca respectivamente y vacas primerizas en el caso de la raza Pardo Suizo con 121 días de seca tal como se muestra en el cuadro XLIV

La matriz de correlaciones para la raza Holstein indicó coeficientes positivos para producción de leche a 100 días, intervalo entre partos previos, longitud gestacional previa y periodo abierto anterior con valores de 0.12, 0.43, 0.33, 0.65 con ($P < 0.0001$) respectivamente, mostrando una relación directa que a medida que se produce más leche, y que aumenten los días abiertos también

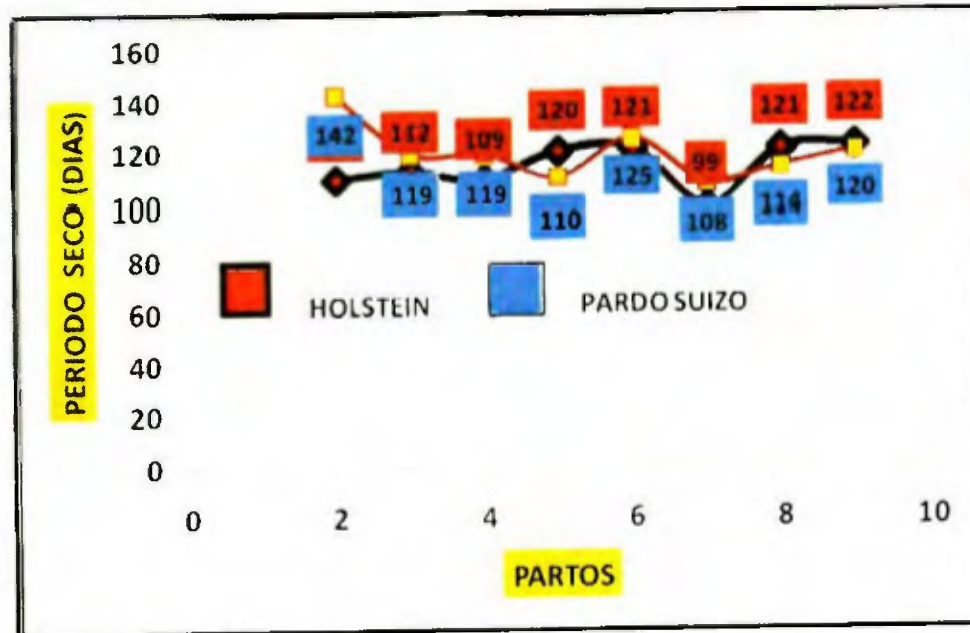
se produce un incremento en los días secos. Por otro lado, el periodo seco afecta de manera negativa el periodo abierto posterior y lógicamente el intervalo entre partos posterior a la lactancia con coeficientes de correlación de -0.41 y -0.39 ($P < 0.0001$) respectivamente.

Cuadro XLIV: Periodo seco o de descanso lactacional para la raza Holstein y Pardo Suizo según el número de partos

Partos	Período de descanso preparto (días)	
	Holstein	Pardo Suizo
1	---	---
2	108.53 ± 97.66 a	141.75 ± 139.46 a
3	111.97 ± 113.18 a	119.44 ± 127.33 b
4	109.49 ± 96.47 a	119.44 ± 127.33 b
5	20.27 ± 111.61 b	110.58 ± 106.68 b
6	121.44 ± 97.01 b	125.05 ± 114.81 b
7	99.39 ± 78.98 a	107.80 ± 82.15 b
8	121.44 ± 97.01 b	114.09 ± 61.07 b
9	121.80 ± 93.68 b	120.37 ± 80.91 b
10	-----	97.80 ± 38.41 b

Medias con las letras ab difieren al 1% ($P < 0.01$) y bb no difieren al 5% ($P > .05$)

Gráfica XXIV: Distribución de las medias para el periodo seco en las vacas de la raza Holstein y Pardo Suizo.



La longitud del periodo de descanso o periodo seco debe ser entre 60 (Nebel, 1997) y 30 días (Rastani et al., 2005). Sin embargo, ello es correcto cuando la habilitación reproductiva de la vaca lechera se efectúa de manera oportuna entre los 45 y 105 días de parida (Fricke, 1999); aunque los desórdenes reproductivos del postparto pueden ampliar el periodo abierto y con ello el periodo para establecer la preñez, el secado y el próximo parto se extienden más allá del patrón reproductivo y zootécnico ideal (Leach and Allrich, 1997).

El periodo seco encontrado excede los límites normales en la vaca lechera y en consecuencia, el mismo constituye una fuente de sesgo para la próxima producción de leche, ya que Wilcox et al., (1978) demostró que la extensión de un periodo seco mayor a los 60 días se convierte en un factor negativo para la próxima lactación, reduciendo la producción de leche en todos los sectores.

4.5.6. Indicadores del desempeño reproductivo

El análisis de la reproducción fue establecido por algunos indicadores que describen las funciones de la vaca y también del sistema o finca lechera, los cuales permiten vislumbrar el renglón de la reproducción como un sector sensible en la ganadería de leche. Los principales indicadores reproductivos empleados aquí fueron la edad al primer parto (EAPP), el periodo seco o periodo de descanso (PD o PS), el periodo abierto total (PAT) y el intervalo entre partos (IEPs). Otras variables reproductivas como los servicios por concepción mostraron una baja consistencia y un gran número de ellos tenían registros completos por lo que en este estudio no se pudo con criterio poblacional obtener el mínimo de observaciones como requisito para el análisis estadístico.

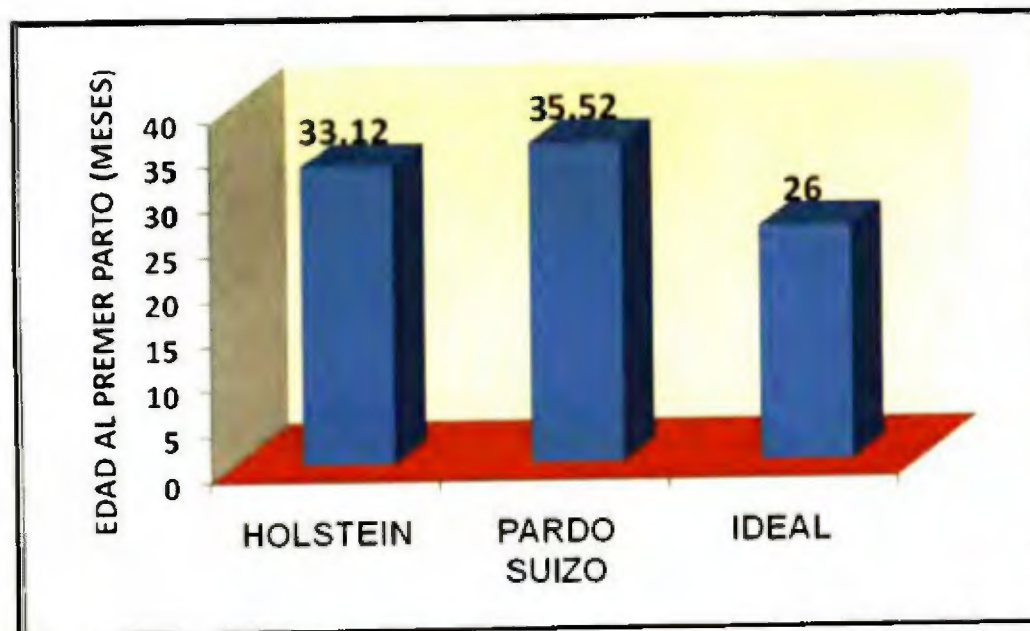
4.6.1 Edad al primer parto

La edad al primer parto en la raza Holstein resultó en 33.12 ± 19 meses; el cual está por encima del valor óptimo de 24 meses reportado por Nebel, 1998.

Aunque, Araúz (2008) menciona que en condiciones tropicales como las de Panamá este periodo pudiera extenderse hasta los 27 meses; obteniéndose resultados productivos satisfactorios. Esta es una variable influenciada por factores nutricionales (Miller, 1987; Warnick, 1986), Microambientales (Collier et al., 1982 y Domeck et al., 1997).

Para la raza Pardo suizo se obtuvo un valor de 35.52 ± 9.05 meses, lo que nos indica fallas en la alimentación y manejo, lo cual no permiten obtener un peso adecuado a la edad aceptable (ver gráfica XXV).

Gráfica XXV: Edad media al primer parto en la raza Holstein y Pardo Suizo.

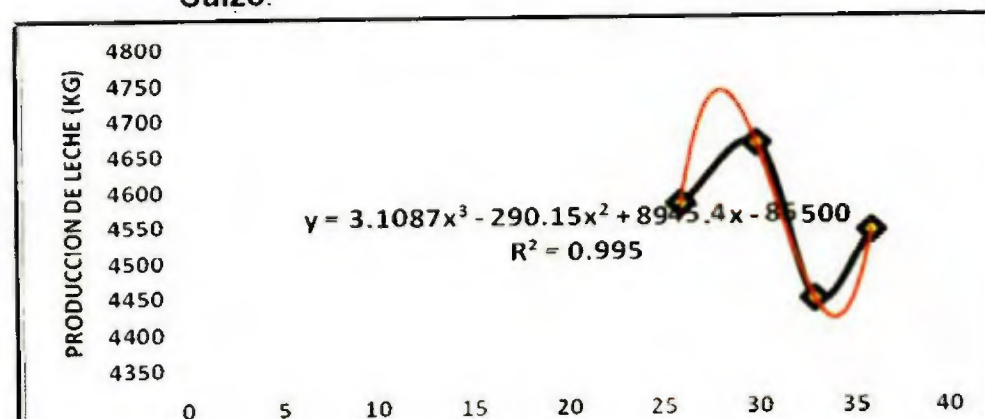


Esto se traduce en un atraso reproductivo que genera pérdidas asociadas con la producción de leche y la producción de reemplazos. Estos resultados son parecidos a otros reportados para fincas lechera grado A en la provincia de Chiriquí, donde se indica que la edad al primer parto es de 36 meses (Araúz, 2004). Además, se encontraron diferencias altamente significativas $p < 0.001$ para la edad al primer parto entre fincas, y diferencias al 0.05 para la edad al parto entre las razas Holstein y Pardo Suizo, lo que demuestra la marcada heterogeneidad en el manejo de los animales que se da en distintas fincas.

Sin embargo, Gill y Allaire, (1976) mencionan que una mayor edad al parto tiende a producir un incremento en la producción de leche en la primera lactancia, y esto está asociado con un mayor peso corporal al parto. Pero en las sucesivas lactancias la producción decrece en comparación con vacas de edad al parto menores y además, la producción de leche en su vida es menor con una marcada disminución en la vida productiva (Ettema y Santos, 2004). Estos resultados coinciden con los encontrados por Marini et al., (2007), en la cual no encontraron diferencias significativas entre la edad al parto y los indicadores productivos. Gill y Allaire (1975), Ettema y Santos (2004), mencionan, que no hay diferencias en cuanto a producción de leche entre novillas de edad al parto de 24 meses y novillas de más de 26 meses al parto, más bien la producción tiende a incrementarse levemente.

Moore et al., (1991) mencionan que un mayor peso al parto en novillas, produce un incremento en la producción de leche, grasa y proteína a lo largo del periodo de lactancia. La correlación entre edad al parto y peso al parto es 0.36, y además de la edad, el peso al parto es afectado por la raza, condiciones ambientales y condiciones de manejo (Lee, 1975). Sin embargo, a pesar que no hay diferencias significativas entre la producción de leche a diferentes edades, existe una tendencia de disminuir la producción de leche a 305 días a edades al parto mayores de 30 meses (gráfica XXXV). En la cual se obtuvo una ecuación de regresión polinómica del tipo cuadrática, con un coeficiente de determinación de 0.30. Las novillas tienen un potencial de producción de leche que no se ve afectado por el parto sin embargo, el incremento de los costos debe de ser una razón más que suficiente para obtener edades al parto menores a los 30 meses.

Grafica XXVI: Relación de la producción de leche a 305 días con la edad al primer parto incluyendo las razas Holstein y Pardo Suizo.



4.6.2 Longitud Gestacional

El periodo gestacional mostró variación ($P < 0.001$) entre las razas y entre el número de partos; sin embargo, la interacción raza por partos no fue significativa ($P > 0.10$) la longitud gestacional. La media de duración general fue de 275 días para la raza Holstein y 283 días para la raza Pardo Suizo; sin embargo, el patrón de las razas indica 278 y 288 días para la raza Holstein y Pardo Suiza (Hafez, 1986)

Cuadro XLV: Análisis de varianza para la longitud gestacional según la raza (Holstein y Pardo Suizo) y el número de partos en lecherías especializadas

Fuente de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	20	24886594.25459350	1244329.71272968	1902.69	0.0001
Raza (A)	1	8041.57042902	8041.57042902	12.30	0.0005
Partos (B)	9	21628568.88981260	2403174.32109029	3674.66	0.0001
A*B	8	8405.60956350	1050.70119544	1.61	0.1176
ENLAC	1	0.22447611	0.22447611	0.00	0.9852
Error	2489	1627768.00994825	653.98473682		
Corrected Total	2509	26514362.26454180			
R-Square	C.V	Root MSE	LGA Mean		
0.938608	10.74382	25.57312528	238.02629482		

4.6.3 Intervalo entre partos y periodo abierto total

El intervalo entre los partos fue diferente solamente entre los partos ($P < 0.0001$) aunque no fue diferente entre las razas Holstein y Pardo Suizo. La magnitud

para la raza Holstein fue entre 425 y 469 días y para la raza Pardo Suizo entre 412 a 478 días. Si se considera las cifras medias entre los rangos observados para la Holstein fue 447 días y para la Pardo Suizo 445 días; las cuales significan que el periodo abierto indirecto fue de 169 días en la Holstein y en la Pardo Suizo 157 días. En ambos casos se puede indicar que como promedio, hubo un atraso apreciable en la habilitación gestacional, ya que esta debe ocurrir entre los 45 y 105 días después del parto (Nebel, 1997). En sentido cuántico, la vaca Holstein modelo tarda en preñarse 169 días después del parto y la pardo Suizo a los 157 días. El atraso para la preñez en promedio genérico por raza fue en la Holstein mínimo de 64 días y en la Pardo Suizo 52 días, lo que repercute negativamente en el próximo periodo lactacional.

Cuadro XLVI: Análisis de varianza para el intervalo entre partos según la raza y los partos

Fuente de variación	GL	Suma de	Cuadrado	Valor de F	Pr > F
Modelo	18	66687749.2	3704875.0	244.76	< 0.001
Raza	1	4435.88	4435.88	0.29	0.5883
Partos	9	65281759.29	7253528.81	479.19	< 0.001
A*B	8	124119.32	15514.92	1.02	0.4146
Error		2491	37706301.6	15137.00	
Corrected Total	2509	104394050.8			
R-Square	Coef Var	Root MSE	IEPA Mean		
0.638808	31.77488	123.0326	387.2008		

Cuadro XLVII: Medias cuadradas ajustadas para el intervalo entre partos

Partos	Intervalo entre Partos (Días)	
	Holstein	Pardo Suizo
1	---	---
2	461.88 ± 117.34	477.71 ± 148.01
3	430.64 ± 112.11	462.32 ± 156.98
4	466.26 ± 131.86	461.73 ± 137.54
5	439.29 ± 133.43	427.57 ± 123.40
6	469.24 ± 129.02	469.05 ± 143.68
7	425.21 ± 105.54	424.58 ± 122.44
8	433.82 ± 96.47	433.68 ± 98.66
9	439.60 ± 110.08	454.24 ± 123.19
10	-----	412.67 ± 74.85

Gráfica XXVII: Intervalo entre partos para las razas Holstein y Pardo Suizo.



El periodo abierto y el intervalo entre partos se encuentran relacionados como parte del ciclo reproductivo de la vaca lechera. El periodo abierto fue afectado por el número de lactancia, la interacción entre raza, el número de lactancia y la producción de leche a los 100 días ($P < 0.0001$); no obstante, la raza no tuvo influencia en los días abiertos ($P > 0.05$), la misma variación presentó el intervalo.

4.7 Correlaciones entre edad al parto y la producción de leche

Las correlaciones encontradas muestran que el efecto de la edad al parto sobre los indicadores productivos fue muy baja o nula (cuadro XLIX). Sin embargo, tanto en la raza Holstein como en la Pardo Suizo, la producción de leche a 100 días fue correlacionada positivamente con la edad al primer parto ($r = 0.11$, $p < 0.03$). Estos datos son menores a los reportados por Lee (1975) de $r = 0.20$ ($p < 0.01$). Animales de mayor edad al parto posiblemente produzcan más leche a los 100 días, debido en parte a un mayor desarrollo. Además, debido a la alta correlación entre producción de leche a los 100 días y la producción de leche a 305 días fue $r = 0.88$ ($p < 0.0001$). Para la raza Pardo Suizo se encontró un coeficiente de correlación $r = -0.24$ ($p < 0.0001$), para la edad al parto y el valor relativo de producción de leche, de igual manera, el tiempo de ordeño impactó de forma negativa el valor relativo.

Cuadro XLVIII: Correlación entre edad al parto e índices productivos para las razas Holstein y Pardo Suizo

Indicador	Holstein		Pardo Suizo	
	r	P>r	r	P>r
PL 100 días	0 11	0 03	0.10	0 04
PL 305 días	0 06	0 22	0.05	0 26
PL real	0 01	0 71	-0 00	0 97
Tiempo ordeño	- 0 02	0.61	0 09	0 04
VRL	0 06	0 21	-0 24	0 0001

4.8. Características de la curva de lactación según el modelo de Wood

El examen de las curvas de producción de leche en las primeras tres lactaciones en la raza Holstein mostró la mayor diferencia y fue caracterizado por un aumento sostenido pero heterogéneo entre la 1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra} lactación propiamente, como se ilustra en el cuadro L. El máximo de producción de leche se produjo prácticamente al mismo tiempo (44 a 47 días), iniciando con 13 5 kg en la primera lactación y una evolución hasta los 16.22 y 16.97 kg con un máximo de 18.02 a 25 57 kg/día en la 1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra} lactación respectivamente. No obstante, la mayor producción de leche inicial fue en la 5^{ta} lactación con 19 03 kg, y aunque la máxima producción de leche no fue diferente de lo alcanzado en la tercera lactación, la mayor magnitud también ocurrió en la 5^{ta} lactación, resultando en 26 76 kg a los 39 días. El tiempo para producirse la máxima producción de leche fue entre 39 y 47 días para las primeras cinco lactaciones (cuadro XLIX)

Cuadro XLIX: Componentes descriptores de la curva de lactación en la raza Holstein para las primeras cinco lactaciones

Lactación No	Producción Inicial (A)	Vector de Incremento (b)	Vector de decadencia (c)	Máxima Producción de leche (kg)	Tiempo para MPL (Días)	Persist Láctea
1	13 5096500	0 100680251	-0 002112771	18 02	47 65	6 87
2	16 21959534	0 133550105	-0 002821145	23 75	47 26	6 78
3	16 97194657	0 147115021	-0 003335596	25 57	44 10	6 68
4	16 52331165	0 16412965	-0 003433992	26 45	47 80	6 76
5	19 02842892	0 127437541	-0 003221136	26 76	39 56	6 59

La tendencia de la producción de leche en las primeras cinco lactaciones fue asociado con la expresión gamma incompleta y los componentes de la ecuación se muestran en el Cuadro LI. Se puede destacar el mejoramiento de la producción inicial, el incremento en el periodo antes del máximo hasta la 4ta lactación, la reducción en la tasa de decadencia lactacional después del máximo de producción con cierta persistencia en la persistencia genérica de la producción de leche

Cuadro L: Ecuación gamma incompleta logística para las curvas de lactación en las primeras cinco lactaciones en la raza Holstein

Lactancia	Ecuación de predicción gamma incompleta logística	r ²
1	$Y_n = 13\ 5096500\ n^{0\ 100680251}\ e^{-0\ 002112771\ n}$	0.17
2	$Y_n = 16\ 21959534\ n^{0\ 133550105}\ e^{-0\ 002821145\ n}$	0.22
3	$Y_n = 16\ 97194657\ n^{0\ 147115021}\ e^{-0\ 003335596\ n}$	0.33
4	$Y_n = 16.52331165\ n^{0\ 16412965}\ e^{-0\ 003433992\ n}$	0.33
5	$Y_n = 19.02842892\ n^{0\ 127437541}\ e^{-0\ 003221136\ n}$	0.32

A= Coeficiente que explica la producción inicial de leche
 b= Coeficiente que explica la aceleración de la curva de lactancia
 c= Coeficiente que explica la desaceleración en la curva de lactancia
 TMPL= Día a la cual se alcanza la máxima producción de leche
 MPL= Producción de leche en el pico de la lactancia
 S= Persistencia obtenida por el modelo de Wood
 r²= Coeficiente de determinación

En la raza Pardo Suizo se encontró que la producción de leche inicial para la 1^{ra}, 2^{da}, 3^{ra}, 4^{ta} y 5^{ta} lactación fue 11.76, 12.34, 15.46, 15.10 y 14.42 kg/día, mientras que la máxima producción de leche fue 15.68, 20.64, 21.38, 22.48 y 21.08 kg/día a los 15, 20, 21, 22 y 21 días después del parto (ver cuadro LII). La persistencia láctea osciló entre 6.61 y 6.92 kg a lo largo del periodo lactacional estándar en la raza Pardo Suizo.

Cuadro LI: Componentes de la ecuación gamma incompleta logística para la curva de lactación en los primeros cinco partos en la raza Pardo Suizo

Lactación No	Producción Inicial (A)	Vector de Incremento (b)	Vector de decadencia (c)	Máxima Producción de leche (kg)	Tiempo para MPL (Días)	Persist Láctea
1	11 76450557	0 099099056	-0 00202997	48 82	15 68	6 92
2	12 34141943	0 17236564	-0 003213480	53 63	20 64	6 88
3	15 46124713	0 118842427	-0 002854324	41 63	21 38	6 67
4	15 10540537	0 145562321	-0 003486205	41 75	22 48	6 61
5	14 4233639	0 137504595	-0 003206867	42 88	21 08	6 66

La tendencia para la producción de leche en las primeras cinco lactaciones en la raza Pardo Suizo fue descrita por la regresión gamma incompleta presentadas en el cuadro LIII. Los modelos regresivos confirman a su vez que la producción de leche inicial fue menor que en la Holstein, pero al mismo tiempo, el máximo de producción se alcanzó en menor tiempo en comparación con la raza Holstein; sin embargo, la magnitud de la persistencia láctea fue muy parecida a la observada en la raza Holstein.

Cuadro LII: Ecuaciones de regresión gamma incompleta para las curvas de lactación en la raza Pardo Suizo

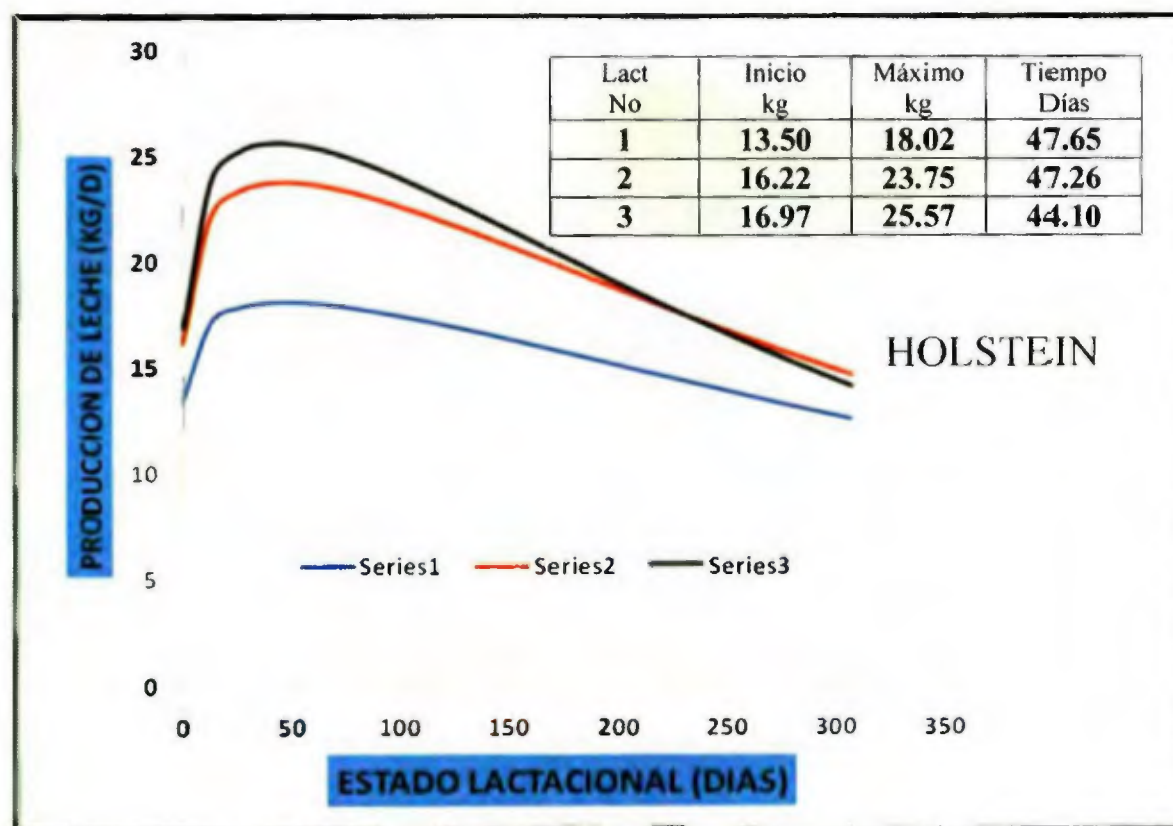
Lactancia	Ecuación de predicción	r^2
1	$Y_n = 11.76450557 n^{0.099099056} e^{-0.00202997 n}$	0.13
2	$Y_n = 12.34141943 n^{0.17236564} e^{-0.003213480 n}$	0.22
3	$Y_n = 15.46124713 n^{0.118842427} e^{-0.002854324 n}$	0.24
4	$Y_n = 15.10540537 n^{0.145562321} e^{-0.003486205 n}$	0.28
5	$Y_n = 14.4233639 n^{0.137504595} e^{-0.003206867 n}$	0.28

- A = Coeficiente que explica la producción inicial de leche
 b = Coeficiente que explica la aceleración de la curva de lactancia
 c = Coeficiente que explica la desaceleración en la curva de lactancia
 TMPL= Día a la cual se alcanza la máxima producción de leche
 MPL = Producción de leche en el pico de la lactancia
 S = Persistencia obtenida por el modelo de Wood
 r^2 = Coeficiente de determinación

Las cifras correspondientes a la 4^{ta} y 5^{ta} lactación no fueron diferentes de la tercera fase de producción, y por ende la tendencia observada coincide con el patrón de la producción de leche en la vaca Holstein; aun bajo las condiciones propias del pastoreo en el clima tropical húmedo. Los máximos de producción de todas las lactaciones fueron generados entre los 40 a 48 días con una variación de una semana. La raza Holstein ha mostrado ser la clase genética con el mayor potencial no solo genético sino funcional y fenotípico para la producción de leche como indica Visser y Wilson (2006); y en consecuencia,

cuando el medio físico, el manejo nutricional y el cuidado son coincidentes, se obtiene la mayor respuesta biológica (Wilcox et al., 1978; McDowell, 1985; Grossman, 1999).

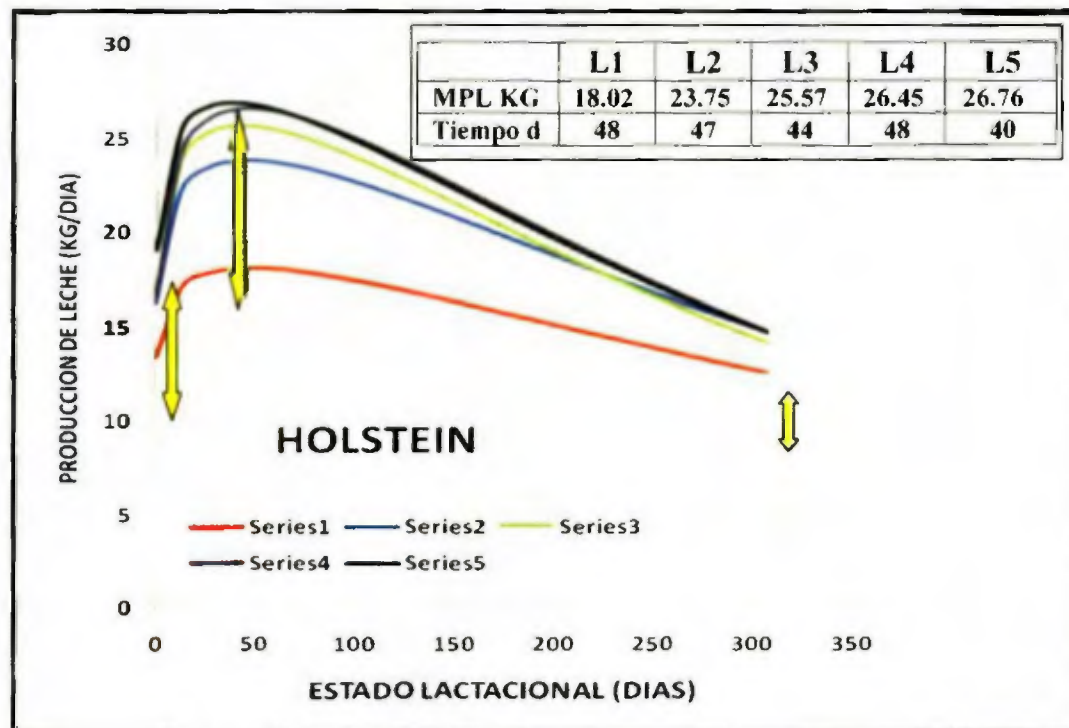
Gráfica XXVIII: Tendencia de la producción de leche para la primera, segunda y tercera lactación en la raza Holstein.



La proyección de las cinco lactaciones en la raza Holstein se proyecta en la gráfica XXXVIII. La superioridad en la producción de leche en las cuatro fincas demuestra que la mayor producción láctea ocurrió cuando se utilizó las dietas con las mayores densidades de energía y proteína; al mismo tiempo que se

tuvo el mejor entorno microclimático y el mayor potencial biolactacional por la naturaleza genética de la Holstein.

Gráfica XXIX: Curva de lactación en las primeras cinco lactaciones en la raza Holstein.



El diferencial de las curvas de producción de leche en las primeras cinco lactaciones refleja la diferencia en la producción de leche inicial de + 5.52 kg entre la 1ra y 5ta lactación y de + 8.74 kg sobre el máximo en la 1ra lactación de 18.02 kg; y en consecuencia, el diferencia de producción entre la primera y quinta lactación es de aproximadamente 311 kg en un promedio de 44 días; o sea diferencial promedio de + 7.15 kg en función de la máxima expresión del

rendimiento lácteo Este diferencial lácteo representa evolucionar desde una eficiencia energética sobre la producción inicial desde 4.08 Mcal/día hasta 6.47 Mcal/día, enfatizando en la expresión del balance energético negativo al que debe exponerse la vaca de leche Holstein

El patrón lactacional bovino tipo leche se caracteriza por mostrar una evolución ascendente entre la primera y tercera lactación como indica Larson (1974) y Grossman (1999) Estos resultados confirman dicho enunciado, sin embargo, hay ciertas diferencias relacionadas con la producción inicial, el máximo lactacional y el tiempo correspondiente Los valores observados fueron inferiores a las cifras reportadas por Visser y Wilson (2003) Esto guarda una relación estrecha con el bajo contenido de materia seca, energía y proteína que identifica el patrón de alimentación en la ganadería de leche en el trópico Por otro lado, hay otros renglones, como: la locomoción entre 1.5 y 2.5 km por día y el estrés calórico que reducen el margen de disponibilidad energética para la producción de leche (Araúz, 2010)

El estudio indicó que las fincas, el número de partos, el estado lactacional y el techo energético afectaron significativamente la producción de leche diaria ($P < 0.001$) La comparación de medias por Tukey encontró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre la producción promedio diaria de la primera lactación con respecto a los demás; siendo variables en el grado de

diferencia entre la segunda con la 4ta y 5ta lactación, pero no con la 3ra ($P > 0.05$), así como entre la 3ra y la 5ta lactancia ($P < 0.01$).

La producción de leche ajustada 305 días mostró producciones de 4968 ± 1635 kg, 6319 ± 1918 , 6458 ± 2016 , 6725 ± 2007 , 6725 ± 2034 kg/305 días de lactación para la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta lactancia respectivamente. Se observó un incremento del 27% en la segunda lactancia con respecto a la primera, y de un 35% en la cuarta con la primera, notándose que las vacas alcanzaron su mayor producción a la cuarta lactancia y discrepando con lo señalado por Bath et al, (1986) Ellos afirman que la producción de leche se logra en la tercera lactancia con un incremento del 25% sobre la primera lactancia

Cuadro LIII: Comparación de la producción de leche promedio por el método de Tukey según la lactación en vacas Holstein

Parto	Observaciones	media	Desviación Standard
1	1880	16.29 a	± 4.48
2	2166	20.72 b	± 6.29
3	2064	21.17 b, c	± 6.61
4	2062	22.05 c, d	± 6.58
5	2001	22.05 d	± 6.67

Medias con misma letra no difieren al ($P > 0.05$)
Medias con letras diferentes difieren al ($P < 0.01$)

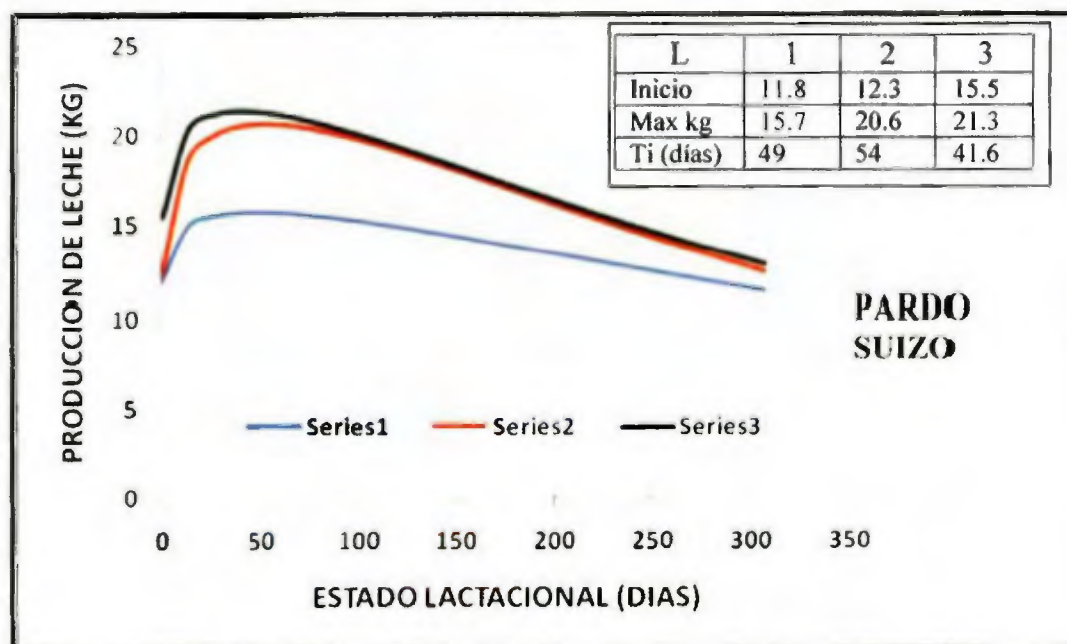
La producción de leche a 305 días mostró un comportamiento cuadrático, descrita por la ecuación $\hat{Y} = 3776 + 1495 1x - 183 86 x^2$ ($r^2= 0.94$). La producción de leche máxima se alcanzó al cuarto parto

Los descriptores lactacionales en la raza Pardo Suizo fueron homólogos en su tendencia a los de la Holstein, pero la magnitud fue menor relativamente. La producción inicial en la primera lactación fue 11.8 kg con un máximo de 15.7 kg. La producción inicial de la segunda y tercera lactación fueron 12.3 y 15.5 kg, aunque los máximos de producción fueron evidentes desde 15.7 hasta 21.3 kg en la tercera lactación con un tiempo de 49, 54 y 42 días

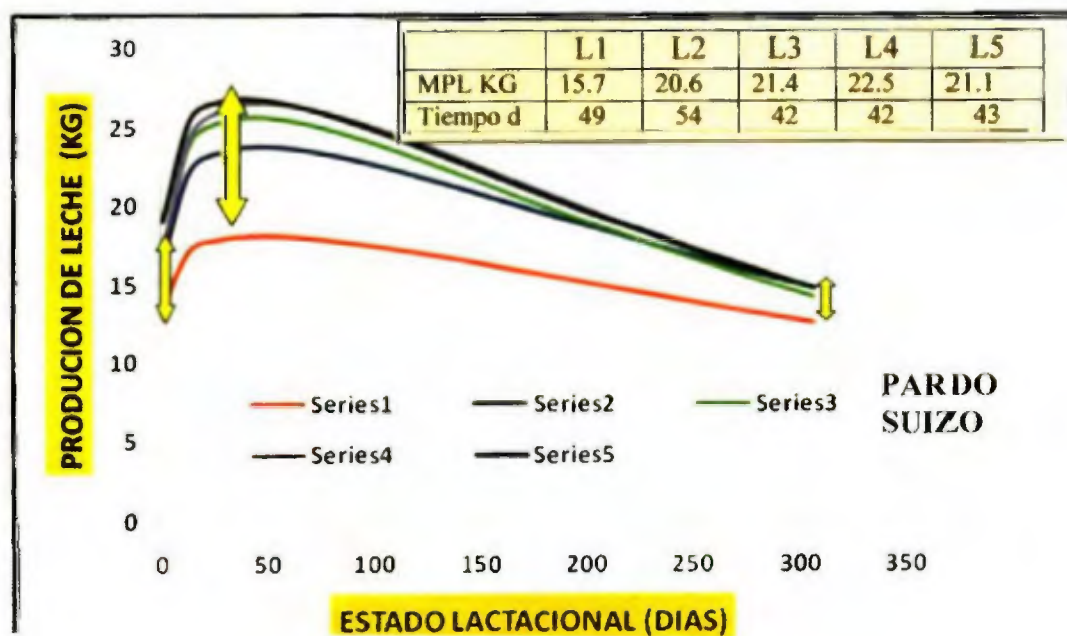
El análisis de las curvas de lactación en las primeras tres y cinco lactaciones en la raza Pardo Suizo indican el mismo patrón del rendimiento lechero en su tendencia, pero una menor magnitud (ver cuadro LII y grafica XXXIX y XIL). La tendencia durante las primeras cinco lactaciones se aproximan al patrón biológico, salvo que la producción es inferior a la obtenida por la Holstein. Es sorprendente que la magnitud de la producción láctea sectorial y la trayectoria lactacional muestran una diferencia de todas las lactaciones con la primera; sin embargo, las diferencias entre la segunda y la quinta desaparecen a partir de los 200 días después del parto

La primera lactación representó el 70% del máximo a la cuarta lactancia, mientras que la segunda y tercera representaron el 92 y 95% de 22.4 kg/día en la cuarta fase de producción.

Gráfica XXX: Curva de lactación en las primeras tres lactaciones en la raza Pardo Suizo

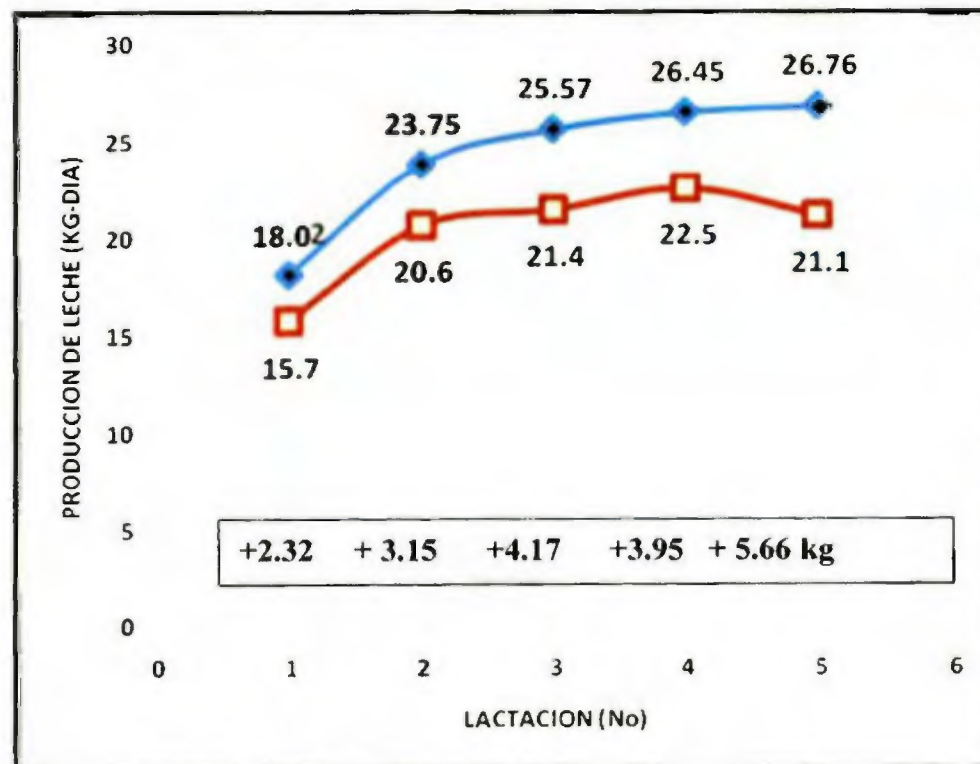


Gráfica XXXI: Curvas de lactación de las cinco lactaciones en la raza Pardo Suizo



La evolución del rendimiento lácteo en la Holstein y Pardo Suizo según el máximo de producción fue ascendente entre la 1^{ra} y 3^{ra} (Holstein) y 4^{ta} (Pardo Suizo) lactación; aunque se observó un deterioro o tendencia negativa en la Pardo Suizo. En la siguiente gráfica se muestra la tendencia de ambas razas; siendo la Holstein muy superior a través de las primeras cinco fases de producción propiamente.

Gráfica XXXII: Evolución de la producción de leche máxima en las primeras cinco lactaciones en la raza Holstein y Pardo Suizo.



El análisis de varianza para esta raza demostró que las fincas, el número de parto y el estado lactacional fueron diferentes ($P < 0.001$). La comparación de

medias por el método de Tukey encontró diferencias altamente significativas entre varias lactancias. Además, se observó que las vacas obtuvieron su máxima producción promedio diaria a la cuarta lactancia (18 59 kg \pm 6.21).

Cuadro LIV: Comparación de la producción promedio de leche por el método de Tukey, de vacas Pardo Suizo

Parto	Observaciones	media	Desviación Standard
1	2829	14.32 a	\pm 4.54
2	2879	17.91 b	\pm 5.96
3	2836	18.25 b c	\pm 5.93
4	2921	18.59 c	\pm 6.21
5	2783	17.70 b	\pm 5.64

Medias con misma letra no difieren al ($P > 0.05$)

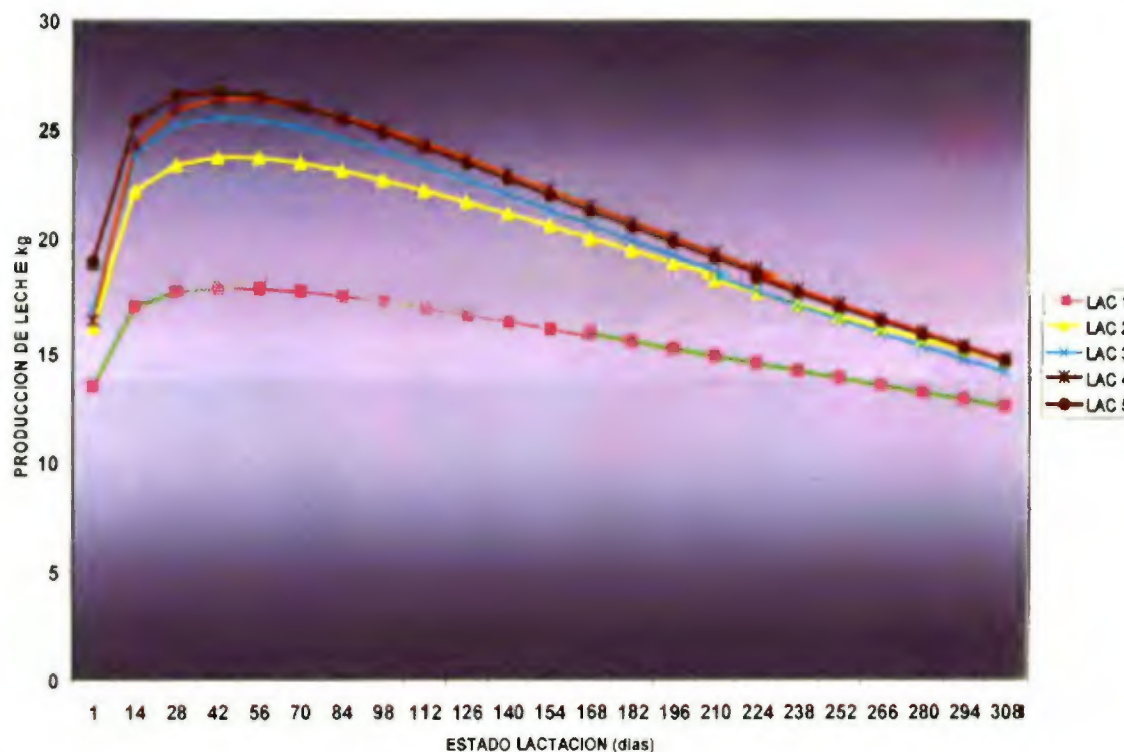
Medias con letras diferentes difieren al ($P < 0.01$)

La producción ajustada a 305 para la raza Pardo Suizo mostró un total de leche en este periodo de 4367 \pm 1387 kg, 5462 \pm 1818 kg, 5566 \pm 1808 kg, 5670 \pm 1894 kg y 5398 \pm 1720 kg, para la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta lactancia respectivamente. Las vacas obtuvieron su máxima producción a la cuarta lactancia con un incremento del 30% con respecto a la primera lactancia. Además, se observó que a partir de la quinta lactancia comienza a decaer la producción de leche.

El modelo de Wood permitió examinar la trayectoria de la producción de leche en las primeras cinco lactaciones en las vacas Holstein y Pardo Suizo, destacándose que el modelo de la Holstein fue la que se aproximó más al patrón lactacional ideal y moderno en la vaca lechera con una eficiencia tope de hasta 70% como describe Davis (1986) en base a la capacidad de conversión de la energía neta de la dieta y de las reservas corporales para la producción de leche (energía en leche). En la raza Pardo Suizo también se observó un patrón parecido pero con menor extensión en la producción láctea diaria al inicio al máximo y al cierre de la fase de producción propiamente. En la gráfica XXXIII se presenta la proyección ampliada de la curva de lactación en la vacas de la raza Holstein con una secuencia de cada 14 días o cada dos semanas.

La tendencia lactacional cumple con el patrón biológico en la vaca lechera moderna; siendo más idénticas al patrón ideal las tendencias en la raza Holstein, mientras que la raza Pardo Suizo fue un poco más conservadora. La producción de leche inicial, máxima y al cierre de la fase de lactación estuvieron influenciados por el número de los partos, por el intervalo entre partos, el periodo abierto, el potencial energético de la dieta, el contenido de humedad, la densidad proteica, el peso y la condición corporal al parto, el estrés calórico diurno en la época seca y por las limitaciones en el consumo de materia seca principalmente.

Gráfica XXXIII: Curvas de lactación para cinco lactaciones en la raza Holstein.



Las cifras alcanzadas en la raza Holstein de 6794.25 Kg representó el 69.12% de la magnitud presentada como promedio en los hatos lecheros de Estados Unidos (9830 kg/año); mientras que la raza Pardo Suizo presentó un máximo de 5269.49 Kg lo que en absoluto representa 67.13% de la cifra para la producción de leche en los Estado Unidos (7850 kg/año); de acuerdo con los datos de Rick et al., (2010). En otros términos, las cifras y las condiciones nacionales indican que es posible aumentar la producción de leche por animal si se efectúan las enmiendas en el manejo, cuidado nutricional y en los

procesos de selección basados en la capacidad funcional por genética y longevidad

4.9 Relación de los índices de la producción de leche con el entorno microclimático y el estrés calórico tropical

Los índices de la producción de leche evaluados según la lactación fueron la producción de leche real, la producción ajustada a 100 y 300 días y algunos descriptores de la curva de lactación según el modelo de Wood, presentado por Herrera y Barreras (2000).

En un intento por buscar cierta asociación entre el estrés calórico máximo en cada finca se utilizó el ITH ajustado por radiación y velocidad del viento en cuyos casos de menor se trabajó en cuatro entornos de índole tensivos para el ganado lechero en lactación. El bienestar funcional y de producción fue alterado de conformidad con el ITH ajustado, según los siguientes valores de menor a mayor: Hacienda Carinthia (66.61), Hacienda Tizingal (69.98), Finca Cloris SA (79.17) y Hacienda Buena Vista (81.82). Estos mismos entornos presentaron un ITH máximo de 75.66, 77.00, 81.18 y 85.16 en la época seca respectivamente.

La asociación de la producción de leche con el ITH máximo en la época seca evidencia en términos generales que al aumentar el estrés calórico se produce

una reducción en la producción de leche. La relación entre el desempeño lactacional en la tercera lactación en cada uno de los cuatro entornos micro ambientales según el ITH ajustado por radiación solar directa y la velocidad del viento fue categórica al mostrarnos que a medida que el ITH aumentó desde 66.61 hasta 81.82, la producción de leche a 305 días 6761 kg hasta 4732 kg; con un diferencial de 2029 kg en un margen de ITH ajustado por RSD y VV de 15.21. Esto representa una reducción del 30% con una tasa de merma crítica entre -133.40 kg de leche por cada unidad de ITH ajustado por RSD y VV a partir del aumento desde un ITH de 66.61 (ver gráfica XLII). La trayectoria de la producción de leche en la cuarta lactación fue inversamente proporcional con el grado del estrés calórico máximo ajustado en el periodo de la época seca en las condiciones del trópico húmedo entre los 780 y 1950 msnm.

Una tendencia parecida fue observada cuando se hizo la misma relación para la primera lactación. No obstante la caída más grave resultó al aumentar el ITH desde 66.61 hasta 79.17. La trayectoria de la producción de leche a 305 días en la tercera lactación resultó en la regresión polinómica descrita a continuación

$$PL305 \text{ (kg)} = 2257 + 4265X - 2125.9 X^2 + 335.22 X^3 \quad R^2 = 0.987$$

Gráfica XXXIV. Relación genérica entre la producción de leche a 305 días de la raza Pardo Suizo en la primera, segunda, tercera y cuarta lactación según el ITH máximo en la época seca.

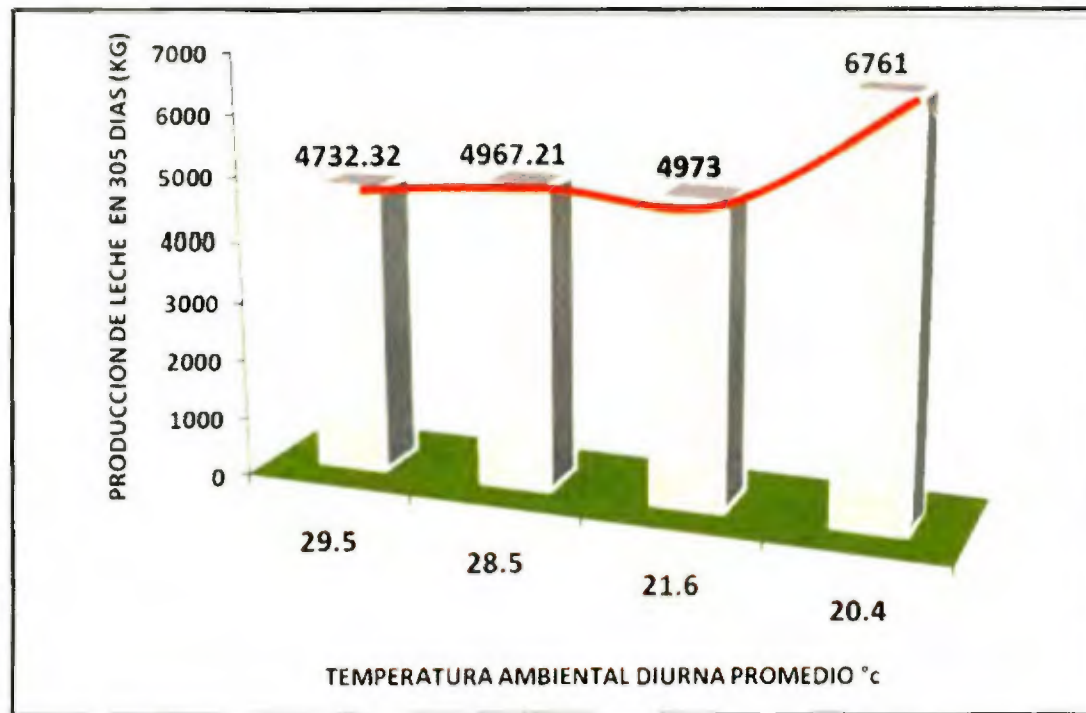


Es evidente que la producción de leche acumulada hasta los 305 días puede haber sido afectada por muchos otros factores como la parte nutricional, el manejo reproductivo y las condiciones genéticas; no obstante, el cambio en la producción de leche se observa consistentemente en todas las primeras cinco lactaciones; especialmente cuando el ITH ajustado aumenta desde 66.61 hasta 79.17 respectivamente.

En vista de que la temperatura ambiental fue asociada desde un principio con la producción de leche en los estudios de Ragsdale y Johnson en 1950, es evidente que se puede hacer la asociación también aquí con la producción de leche ajustada a 305 días en la raza Pardo Suizo. En la siguiente gráfica se ilustran las medias de la producción de leche en la tercera lactación en los cuatro entornos por temperatura ambiental diurna promedio; en la cual puede verse que al aumentar la temperatura ambiental de 20.4°C hasta 29.5°C se produce una reducción en la producción de leche de 6761 hasta 4732.32 kg.

El aumento de la producción de lechera al disminuir el grado de estrés calórico según la temperatura ambiental de bulbo seco estuvo acompañada de otros factores como la locomoción, el mejoramiento del perfil nutricional de la energía y la proteína en la dieta, sin embargo, el bienestar ambiental fue un factor importante, ya que el ganado lechero europeo requiere al menor 20°C como máximo para expresar eficientemente su capacidad de producción. Curtis (1981) indicó que el límite crítico superior de la zona termoneutral era 18°C, no obstante, Yousef (1985) mostró que las vacas de leche realmente empiezan a ser alteradas fisiológica y metabólicamente a partir de los 16°C. De tal forma, que en este análisis, la raza Pardo Suizo fue afectada en gran medida por el medio calórico (ver gráfica XLIX).

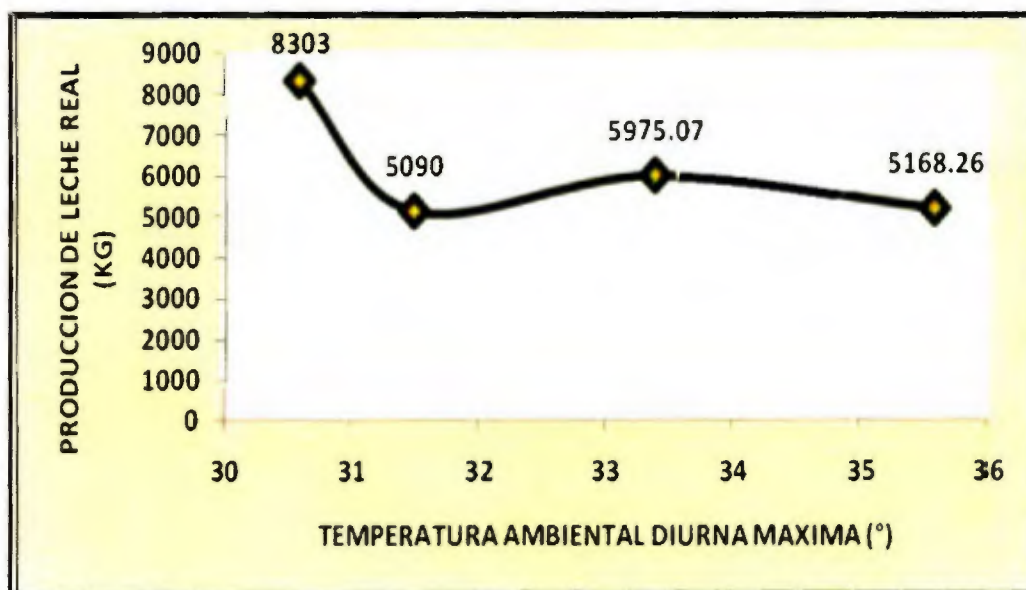
Gráfica XXXV: Relación entre la temperatura ambiental promedio diurna en la época seca y la producción de leche a 305 días en la tercera lactación en la raza Pardo Suizo



Otros de los aspectos evaluados fue la correlación de los factores Microambientales con la producción de leche real, a 305 y 100 días. La producción de leche en general fue afectada por el periodo seco ($r = -0.26$, $P > .05$), ITHajustado ($r = -0.84$, $p < .001$) y temperatura ambiental promedio diurna ($r = -0.68$, $P < .01$). Otras correlaciones se muestran el cuadro LI; incluyendo los indicadores de la alimentación, microambiente, reproducción y producción propiamente.

Cuando se relaciono la temperatura ambiental máxima de cada uno de los sectores ambientales con la producción de leche real se observó que al disminuir la temperatura aumentó la producción de leche (ver gráfica XLV).

Gráfica XXXVI: Trayectoria según las medias de la producción de leche real en la tercera lactación de acuerdo con la temperatura ambiental del entorno de las fincas Lecheras Grado A evaluadas.



Las diferencias en la producción de leche se encuentran relacionadas también con otros factores como: genética, potencial nutritivo de la dieta y manejo. Sin embargo, se puede indicar que el mejor entorno microambiental según la máxima temperatura ambiental fue el lugar en se produjo la mayor producción de leche (8303 kg) en la tercera lactación; mientras que después de los 30°C, las medias fueron consistentes en una baja producción. La gran diferencia la hizo en gran medida la temperatura los 31.5 y 35.6°C; ya que dicha condición

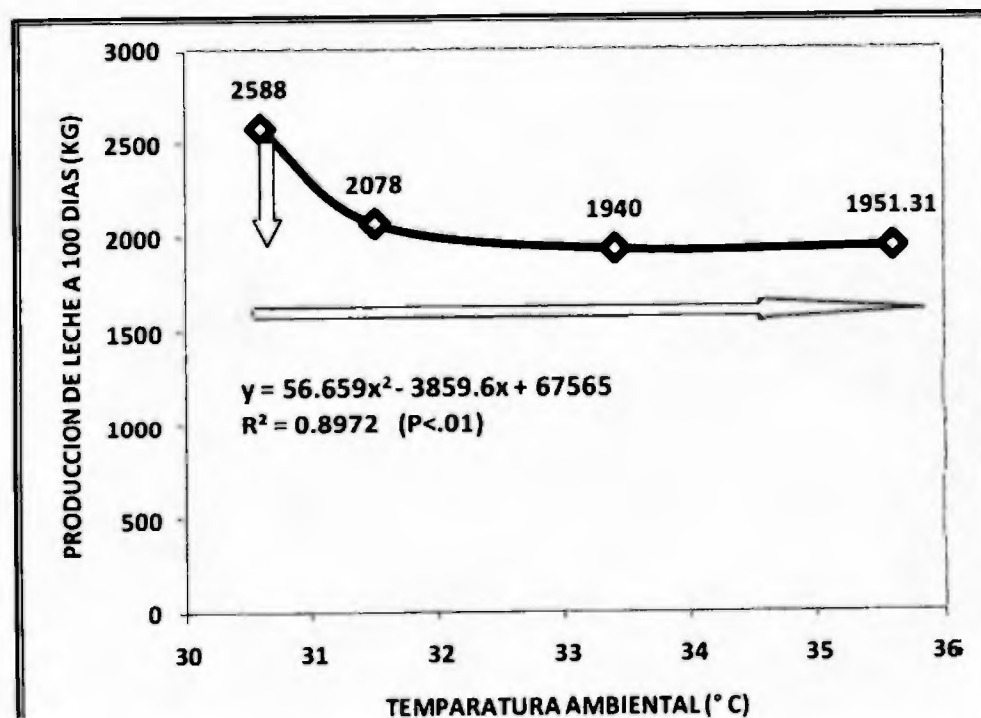
está asociada con un grado de estrés calórico severo para el ganado lechero, especialmente si se encuentra en producción (Yousef, 1985, Mader, 2003, West, 2003)

Otra de las relaciones interesantes fue entre la temperatura ambiental y la producción de leche ajustada a 100 días; ya que esta fase es la mayor exigencia nutricional y microambiental en la vaca lechera. La disminución de la temperatura ambiental máxima de 35.6 a 30.6°C estuvo asociado con un aumento en la producción de leche a los 100 días de 1951.31 kg hasta 2588 kg en la vacas de la raza Pardo Suizo en su tercera lactación (ver gráfica XXXVII). El aumento fue de + 127.34 kg de leche por cada grado centígrado que se redujo a partir de los 35.6°C. Visto de otro ángulo, al aumentar el estrés calórico en 5°C a partir de los 30.6°C, se produjo una reducción en la producción de leche acumulada hasta los 100 días en 24.60%, aunque la reducción láctea fue gradual pero grave con una tendencia media cuadrática y de manera inversa con la carga calórica del aire ($R^2 = 0.8972$, $P < .01$).

La tasa de reducción lactacional que se deriva fue de 6.37 kg/vaca día en los primeros 100 días, lo cual es relativamente alto si se adjudica a la causal micro ambiental. Por ende, el aumento de 30.6 a 35.6°C de temperatura ambiental tuvo una relación con la reducción en la producción láctea promedio en 100 días de 25.88 kg/día hasta 19.51 kg/día, lo cual corresponde a una merma ajustada de 6.37 g de leche en 5°C. Si el efecto es asociado estrictamente

con la condición del estrés calórico, la reducción láctea correspondiente es de -1 274 kg de leche/°C Johnson y Ragsdale (1950), encontraron que la disminución de la producción de leche en la raza Pardo Suizo entre los 30 y 40 °C fue de -0.65 kg de leche por cada °C En consecuencia, los resultados actuales indican que el margen de la reducción láctea detectada puede haber estado asociada con otros factores como consumo de materia seca, consumo de energía neta lactacional y el efecto directo del estrés calórico

Gráfica XXXVII Relación de la producción de leche a 100 días con la temperatura ambiental diaria máxima en las fincas evaluadas y la raza Pardo Suizo.



Otros factores que presentaron una influencia negativa sobre la producción de leche real y a los 304 días fueron el periodo seco ($r = -0.26$ y -0.30), sin embargo, el efecto fue mayor cuando se relacionó con la producción de leche a los 100 días ($r = -0.43$). Por otro lado, la temperatura ambiental máxima y el índice de temperatura humedad presentaron una correlación negativa al asociarla con la producción de leche a 305 días (-0.85 , -0.84 , $p < 0.001$); como se indica en el cuadro LV y LVI

Luego de ver algunas correlaciones positivas y negativas entre todas las variables consideradas en este estudio aplicado en cuatro fincas lecheras grado A con énfasis en los perfiles micro climáticos, de producción y reproducción; se evidencia especialmente en los datos con la raza Pardo Suizo que aspectos como el consumo de materia seca, ingesta de la energía neta, la temperatura ambiental diurna con énfasis en la época seca y la altitud conforman la posibilidad de generar la reducción en el potencial lactacional, pero también pueden incluir en facilitar el buen desarrollo en la producción de leche sin subestimar la importancia del potencial lechero por genética propiamente. Las mismas evaluaciones van a requerir un mayor número de fincas que utilicen la raza Holstein para poder establecer las evaluaciones con mayor capacidad inferencial y biométrica con respecto al desempeño lactacional y reproductivo.

Cuadro LV Matriz de las correlaciones de Pearson entre los indicadores lactacionales, reproductivos y micro ambientales de acuerdo con los valores medios en la raza Pardo Suizo

	pl305d	pl100d	vrl	tor	ps	ieppr	lg	
plreal	1 000 < 0001	0 90896 < 0001	0 89062 0 0715	-0 495 0 004	0 716 0 367	-0 261 0 463	0 213 0 157	0 399
pl305d	0 908 < 0001	1 000 < 0001	0 902 0 242	-0 334 0 042	0 547 0 2934	-0 3023 0 2749	0 313 0 0237	0 598
pl100d	0 890 < 0001	0 902 < 0001	1 000 0 0811	-0 482 0 0884	0 47200 0 1217	-0 43325 0 9280	-0 0266 0 0263	0 590
vrl	-0 495 0 0715	-0 33476 0 2420	-0 481 0 0811	1 000 0 8573	0 052 0 1342	0 4206 0 3305	0 28096 0 6352	0 1391
tor	0 71625 0 0040	0 54772 0 0426	0 47200 0 0884	0 05296 0 8573	1 000 0 4285	0 230 0 133	0 421 0 370	0 259
ps	-0 2611 0 3672	-0 302 0 2934	-0 433 0 1217	0 420 0 1342	0 230 0 4285	1 000 0 006	0 692 0 1046	-0 452
ieppr	0 2135 0 4636	0 313 0 2749	-0 026 0 9280	0 281 0 3305	0 421 0 1338	0 692 0 0060	1 000 0 7190	-0 1058
lg	0 399 0 157	0 598 0 023	0 590 0 026	0 139 0 635	0 259 0 370	-0 452 0 1046	-0 105 0 719	1 0000
paa	0 196 0 501	0 2885 0 3170	-0 05128 0 8618	0 276 0 3391	0 4107 0 1446	0 7061 0 0048	0 9993 < 0001	-0 14100 0 6307
iepp	0 333 0 245	0 151 0 606	0 203 0 485	-0 588 0 026	0 162 0 580	0 0084 0 9774	-0 07724 0 7930	-0 03245 0 9123
ithrsdrv	-0 844 0 0001	-0 706 0 0048	-0 784 0 0009	0 857 < 0001	-0 347 0 2238	0 3797 0 1805	0 043 0 8836	-0 1361 0 6425
altitud	0 887 < 0001	0 82631 0 0003	0 909 < 0001	-0 74341 0 0023	0 38452 0 1746	-0 458 0 0988	-0 051 0 862	0 3376 0 2377
tadmax	-0 848 0 0001	-0 6871 0 0066	-0 7089 0 0045	0 79981 0 0006	-0 451 0 1052	0 164 0 5746	-0 14925 0 6106	-0 03512 0 9051
Tasobrele	-0 84898 0 0001	-0 68710 0 0066	-0 70899 0 0045	0 79981 0 0006	-0 45136 0 1052	0 16432 0 5746	-0 14925 0 6106	-0 03512 0 9051
cms	0 6562 0 0108	0 4482 0 1080	0 5495 0 0418	-0 9291 < 0001	0 16813 0 5656	-0 36998 0 1929	-0 16579 0 5711	-0 0902 0 7591

Cuadro LVI. Segunda matriz de correlaciones simples de las variables más importantes en la raza Pardo Suizo

	paa	lepp	lthrsdvv	altitud	tadmax	tasobrelc	cms
plreal	0 19623 0 5014	0 33278 0 2450	-0 84473 0 0001	0 88765 < 0001	-0 84898 0 0001	-0 84898 0 0001	0 65621 0 0108
pl305d	0 28857 0 3170	0 15096 0 6064	-0 70621 0 0048	0 82631 0 0003	-0 68710 0 0066	-0 68710 0 0066	0 44824 0 1080
pl100d	-0 05128 0 8618	0 20337 0 4856	-0 78444 0 0009	0 90903 < 0001	-0 70899 0 0045	-0 70899 0 0045	0 54951 0 0418
vrl	0 27622 0 3391	0 58863 0 0268	0 85722 < 0001	-0 74341 0 0023	0 79981 0 0006	0 79981 0 0006	-0 92910 < 0001
tor	0 41078 0 1446	0 16195 0 5802	-0 34725 0 2238	0 38452 0 1746	-0 45136 0 1052	-0 45136 0 1052	0 16813 0 5656
ps	0 70610 0 0048	0 00836 0 9774	0 37976 0 1805	-0 45889 0 0988	0 16432 0 5746	0 16432 0 5746	-0 36998 0 1929
leppr	0 99930 < 0001	-0 07724 0 7930	0 04313 0 8836	-0 05087 0 8629	-0 14925 0 6106	-0 14925 0 6106	-0 16579 0 5711
lg	-0 14100 0 6307	-0 03245 0 9123	-0 13619 0 6425	0 33769 0 2377	-0 03512 0 9051	-0 03512 0 9051	-0 09022 0 7591
paa	1 00000	-0 07427 0 8008	0 05037 0 8642	-0 06573 0 8233	-0 14503 0 6208	-0 14503 0 6208	-0 16357 0 5763
lepp	-0 07427 0 8008	1 00000	-0 56807 0 0341	0 37787 0 1828	-0 63930 0 0138	-0 63930 0 0138	0 69553 0 0057
lthrsdvv	0 05037 0 8642	-0 56807 0 0341	1 00000	-0 95553 < 0001	0 96916 < 0001	0 96916 < 0001	-0 93510 < 0001
altitud	-0 06573 0 8233	0 37787 0 1828	-0 95553 < 0001	1 00000	-0 88942 < 0001	-0 88942 < 0001	0 79948 0 0006
tadmax	-0 14503 0 6208	-0 63930 0 0138	0 96916 < 0001	-0 88942 < 0001	1 00000	1 00000 < 0001	-0 91295 < 0001
tasobrelc	-0 14503 0 6208	-0 63930 0 0138	0 96916 < 0001	-0 88942 < 0001	1 00000	1 00000 < 0001	-0 91295 < 0001
cms	-0 16357 0 5763	0 69553 0 0057	-0 93510 < 0001	0 79948 0 0006	-0 91295 < 0001	-0 91295 < 0001	1 00000

Los futuros escenarios de la producción de leche deberán incluir la combinación de los factores genéticos, el manejo nutricional y reproductivo y la adecuación micro ambiental para potenciar el mejor desempeño fenotípico del ganado lechero en el medio tropical

En el presente estudio, se pudo detectar que la raza Holstein fue la mayor productora en comparación con la raza Pardo Suizo, aunque el entorno microclimático en que ésta raza se desempeñó fue superior a dos de las fincas evaluadas. Sin embargo, ambas razas en el mismo entorno microclimático dejó en evidencia que la raza Holstein fue más eficiente en términos de la capacidad lactopoiética con las mismas condiciones de alimentación y manejo, sin demostrar que su desempeño reproductivo disminuido a raíz de la producción de leche propiamente. Futuras evaluaciones deberán considerar la consistencia genética, el historial de los padres y madres y los ajustes no genéticos para ponderar de manera equilibrada ambas razas en las condiciones de producción lechera intensiva con el modelo de pastoreo en el medio tropical en diversos entornos microclimáticos, para poder demostrar realmente si existen diferencias en el comportamiento biológico, lactacional y reproductivo propiamente. Por lo pronto, estas son las dos razas más productoras en las condiciones de la tecnología lechera nacional, siendo la Holstein la más prevalente, seguido de la raza Pardo Suizo en las fincas lecheras Grado A en Panamá

V. CONCLUSIONES

- ✓ El entorno microclimático en la fase diurna, especialmente de la época seca constituye una zona de riesgo a partir del estrés calórico micro ambiental para el normal desenvolvimiento de la vaca lechera en particular si consideramos el ITH estándar y la radiación solar directa
- ✓ Las características del modelo de alimentación y el potencial energético y proteico de las dietas que se utiliza en la fase lactacional constituye parte de las limitaciones para soportar nutricionalmente la producción de leche en animales con una habilidad lechera superior a los 25 kg producciones superes a los 22 – 24 kg/día de acuerdo con la capacidad para proveer energía neta lactacional y proteína total
- ✓ Los modelos de alimentación mostraron limitaciones en la capacidad para proveer materia seca carbohidratos estructurales debido al contenido de humedad y a la relación de la materia seca forrajes: concentrados por lo cual se compromete el funcionamiento del sistema digestivo en parte, especialmente el funcionamiento ruminal
- ✓ La longitud de la fase de producción se redujo a partir de la primera lactación en las vacas Holstein y Pardo suizo, lo cual fue amplificado cuando se suministró el menor soporte nutricional energético y proteico para la producción de leche.

- ✓ El ciclo de producción en las Holstein y Pardo Suizo según la edad al primer parto se inicia tardíamente, ya que la edad al primer parto ocurrió entre los 33 y 36 meses con la tendencia de un bajo peso al servicio efectivo y un bajo peso al primer parto, con lo cual se limita el desempeño lactacional propiamente
- ✓ El manejo reproductivo postparto es deficiente ya que la tendencia observada fue secar la vaca cuando la gestación tiene unos siete meses; sin embargo, el periodo abierto fue superior al estándar ideal entre 45 y 70 días, con lo cual atrasa el ingreso al ciclo de producción y se generan pérdidas económicas considerables
- ✓ La mayor producción de leche real, a los 100 y 305 días se produjo en el mejor entorno microclimático bajo el modelo de alimentación con el mayor soporte energético y proteico tanto para la raza Holstein como para la raza Pardo suizo, aunque la Holstein fue superior a la Parda en un 29% durante la tercera lactación como punto crítico del desempeño lactacional
- ✓ El incremento de la producción de leche entre la primera y tercera lactación en las vacas Holstein y Pardo Suizo se estuvo asociada con un deterioro del desempeño reproductivo según el intervalo entre partos y el periodo abierto total, a pesar de que la máxima producción se produjo en la tercera lactación coincidiendo con el patrón lactacional de la vaca lechera moderna

- ✓ El comportamiento de la producción de leche a 100 y 305 días tuvo prácticamente la misma trayectoria en la raza Holstein y Pardo suizo, pero no la misma magnitud cuando esta fue asociada con el número lactacional en la raza Holstein y Pardo Suizo
- ✓ La tendencia de la curva de lactación según el modelo de Word presentó heterogeneidad entre las primeras tres lactaciones, pero fue homogénea entre la tercera y quinta lactacional y sucesivamente se mostró la reducción notable de la capacidad lactogénica modificada por la longevidad entre la quinta y décima lactación
- ✓ El patrón de la curva lactacional fue diferente en las primeras tres lactaciones y fue coincidente con el modelo lactacional moderno, sin embargo, la proyección de los puntos críticos incluyendo la producción inicial, máxima, el tiempo de mayor inflexión y la producción al cierre lactacional se ubicaron entre el 50 y 58% de los patrones lactacionales de la raza Holstein y Pardo Suizo
- ✓ El desempeño lactacional en la raza Pardo Suizo fue afectado por el estrés ambiental y los factores nutricionales energéticos y proteicos, limitando la capacidad lactacional y reproductiva, aunque la longevidad fue el doble del periodo de producción que se utiliza en los sistemas estabulados complementariamente

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Los sistemas o modelos de alimentación empleados para la vaca en lactación en el medio tropical también deben ser ajustados por su valor en materia seca, carbohidratos estructurales, densidad energética y proteica, calcio y fósforo para cubrir las necesidades digestivas, metabólicas y de producción para facilitar el desempeño lactacional y reproductivo
- ✓ El manejo de la vaca lechera en lactación debe reducir en lo posible la actividad locomotora para evitar el gasto de energía y la influencia del estrés calórico diurno para incrementar la eficiencia biolactacional y coadyuvar con los procesos reproductivos a fin de que la vaca Holstein y Pardo Suizo puedan amoldarse al medio tropical y al manejo lactacional para aumentar su expresión lechera y reducir el comportamiento de la salud y de la capacidad de producción.
- ✓ Implementar el manejo nutricional lactacional de acuerdo con la conformación de lotes por producción respetando las necesidades nutricionales para el crecimiento, la locomoción, la disipación calórica, la grasa láctea, la condición corporal dinámica y la producción de leche sectorial por estado lactacional propiamente
- ✓ Incrementar la proporción de forrajes en la dieta de la vaca en lactación a través del uso de ensilaje, heno y pasto de corte y a la vez reducir la proporción de granos para aproximarnos al modelo digestivo de alimentación ideal con un menor costo de alimentación y producción

- ✓ Mejorar el seguimiento reproductivo postparto para acortar el periodo abierto total, disminuir el intervalo entre partos y aumentar la probabilidad de que la vaca lechera ingrese al ciclo de producción más joven
- ✓ Reducir la edad al primer parto sin subestimar el requerimiento somático para la implementación del primer servicio reproductivo para acelerar la participación en el ciclo de la producción y el aporte económico
- ✓ Implementar el uso del análisis de la grasa láctea sectorial mensual para el seguimiento y ajuste del manejo nutricional energético de la vaca en lactación de conformidad con el valor energético de la leche y a través de todo un periodo de producción
- ✓ Realizar evaluaciones de las bases de datos lactacionales para seleccionar los animales con el mayor potencial lechero fenotípico que pueden servir como la plataforma genética para aumentar el rendimiento lácteo por animal y aplicar los criterios de longevidad funcional.
- ✓ Implementar la estrategia de manejo en alimentación y la adecuación micro ambiental para reducir la locomoción en las horas diurnas de mayor calor ambiental indirecto y directo y brindar la mayor protección a las vacas en producción, especialmente en la época seca
- ✓ Utilizar la suplementación especial con pasto de corte, ensilaje, heno y alimento concentrado en las horas más calientes con la opción al suministro de agua y sombra artificial para minimizar el calentamiento de la vaca y el desarrollo de la sobre carga calórica por estrés ambiental y locomoción

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Araúz E. E. y E. A. Montero, De Armas, R., 2009.** Efecto del consumo de energía neta y proteína sobre la producción de leche y el desempeño reproductivo postpartum en vacas primíparas Holstein y pardo suizo en tres sistemas de alimentación para la producción lechera grado a Conferencia desarrollada en el Congreso Nacional de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Panamá, Panamá
- Araúz, E. E. 1994** Efecto de la disponibilidad del forraje verde sobre el consumo de materia seca y la dosificación de alimento concentrado para vacas en lactación en Panamá. Informe de Investigación. Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.
- Araúz, E. E. 1997** Efecto de la disponibilidad del forraje verde sobre el estado nutricional, balance energético y proteico y utilización del alimento concentrado en vacas lecheras en lactación
- Araúz, E. E. 1999.** Principales características e indicadores zootécnicos cuantitativos de las fincas productoras de leche en la República de Panamá Curso de Ganadería de Leche Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá
- Araúz, E. E. 2005.** Efectos de la Tensión Calórica Durante la Época Seca Sobre la Producción de Leche y el Desempeño Reproductivo en el Ganado Lechero en el trópico. Rev. Agropecuaria Ecos del Agro, Enero, p. 30 - 31
- Araúz, E. E. 2005** Importancia Nutricional del Sistema de Alimentación, Control Reproductivo Postpartum de la Vaca Lechera, Sistema de Registro y Manejo Bioclimático como Estrategia para Mejorar la Eficiencia de la Producción Lechera en Panamá
- Araúz, E. E. 2006** El Estrés Calórico y Sus Efectos Negativos Sobre la Fisiología, Metabolismo, Reproducción y Eficiencia de la Producción en el Ganado Bovino de Leche Conferencia en el Congreso Científico Agropecuario, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá

- Araúz, E. E. 2006a** Efecto de la Sombra Artificial Sobre el Comportamiento de la Temperatura Rectal, Frecuencia Respiratoria y Cardíaca en Vacas Lecheras Cruzadas (6/8 *Bos taurus* x 2/8 *Bos indicus* en Lactación Durante la Época Seca Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.
- Araúz, E. E. 2009.** Efecto de la humedad en la dieta sobre el consumo de materia seca y la producción de leche y aplicación del modelo de regresión lineal En: Producción lechera tropical (MPA 746). Programa de Maestría en Producción Animal.
- Araúz, E. E. 2010.** Principales registros biológicos para evaluar la capacidad funcional de la vaca lechera y su importancia para mejorar el manejo y la eficiencia en la producción lechera www.engormix.com > > Artículos técnicos
- Araúz, E. E., Fuentes, A. y Méndez, N. 2010.** Alteración diurna de la carga calórica corporal e interrelación de las temperaturas rectal y láctea en vacas cruzadas (6/8 *Bos taurus* x 2/8 *Bos indicus*), Pardo Suizo y Holstein bajo estrés calórico diurno durante la poca seca en el clima tropical húmedo REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504 2010 Volumen 11 Número 11. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111110/111002.pdf>
- Araúz, E. E. 2008** Evaluación funcional y selección de las vacas y progenies según los registros de la finca lechera para incrementar la productividad Conferencia dictada en el XIII Congreso Internacional de Producción Lechera, Aprogalpa, Hotel Bambito, Volcán, Chirquí, Panamá.
- ARC, 1988.** Nutrient Requirements fo Dairy Cattle.
- Bath, D. L.; Dickinson, F. N.; Tucker, H. A. y Appleman, R. D. 1982.** Ganado Lechero: Principios, prácticas, problemas y beneficios Segunda Edición Editorial Interamericana
- Bauman, D. E. Y Currie, W. B. 1980.** Nutrients partitioning during pregnancy and lactation A review of mechanisms involving homeostasis and homeorrhesis Journal of Dairy Science. 63 1514-1529

- Bean, S. and Butler, W. R. 1997** Energy Balance and Ovarian Follicle Development Prior to the First Ovulation Post-partum in Dairy Cows Receiving Three Levels of Dietary Fat EN *Biology of Reproduction*. Vol 56, p. 133-142
- Boland, M. P. and Lonergan, P. 2003.** Effects of nutrition on fertility in dairy cows *Advanced Dairy Technology*, Vol 15, 619.
- Butler, W. R. 2000** Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle *Anim. Reprod Sci.* 60-61:449-457
- Butler, W. R.; Smith, R.D. 1989** Interrelationship between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 72. 767-783
- Call, P. E. 1978.** Economy associated with calving intervals En. *Large Dairy Herd Management* Edited by Wilcox et al, University Presses of Florida, Florida, USA Pág 190 – 200
- Canfield, R. W., and Butler W. R. 1989** Negative energy balance suppression of LH pulses in lactating cows does not appear to operate through endogenous opioid peptides. *Journal of Animal Science* 67 386
- Canfield, R. W.; Sniffen, C. J.; Butler, W. R. 1990** Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle *Journal of Dairy Science* 73. 2342-2349
- Caraviello, D. 2004** Fertilidad en vacas de alta producción. Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin
- Carstairs, J. A., Morrow, D. A., Emery, R. S. 1980.** Postpartum reproductive function of dairy cows as influenced by energy and phosphorus status. *Journal of Animal Science.* 51 1122-1130.
- Cassell, B. 2010.** Que pasaría si solo seleccionáramos por características de aptitud reproductiva *Hoards Dairyman en español*. Agosto Pág 496-497

- Castillo, F. 2001** Asociación entre cojera mastitis y reproducción Conferencia dictada en el XIII Internacional de productores de leche en áreas tropicales David Chiriquí Panamá.
- Chandler, P. T. 1978** Roughage and Fiber En: Large Dairy Herd Management Edited by Charles Wilcox, H H Van Horn, B. Harris Jr., H H. Head, S P Marshall, W W Thatcher, D W Webb and J M Wing University Presses of Florida, Gainesville, Florida, USA. Pág. 354 – 370
- Chandler, P. T. and H. W. walker. 1972.** Generations of nutrients specifications for dairy cattle for computerized least-cost formulation. Journal of Dairy Science 55 1741
- Collier, R. 1985.** Nutritional, Metabolic and Environmental aspects of Lactation. En. Lactation. Edited by B Larson Iowa State University Press, Ames, Iowa, Pág. 80 – 119
- Collier, R.J. and D.K. Beede. 1984.** Heat Stress Influences on Dairy animal Health and Production Dairy Science Department Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, USA
Comportamiento reproductivo en vacas lecheras Conferencia dictada en el
Concentrations of LH and PGFM in lactating dairy cows during clinical mastitis. Journal Dairy Science 80 (Suppl 1) 173
- Correa C. J. 2000.** Relación entre Producción y Reproducción en Bovinos de Alto Potencial Genético.
- Curtis, C. R.; Erb, H. N.; Sniffen L. J. 1985** Path analysis of dry period nutrition, postpartum metabolic and reproductive disorders, and mastitis in Holstein cows. Journal of Dairy Science 68 2347-2360
- Curtis, E., 1981.** Psicometric approach to determine heat stress in animal production Environmental Management in Agriculture.
David. Chiriquí Panamá
- Davis, C. 1992.** Alimentación de la alta productora. En. Dinámica de peso corporal, producción de leche y actividad ovárica en Vacas Pardo Suizo primíparas y multíparas durante los primeros 120 días de la lactación 79-80 pp

- De Laval laboratories.** 2008 The lactating dairy cow What is special about a lactating animal? En Internet <http://www.delaval.co.uk>.
- De Vries, A.** 2004 Economics of delayed replacement when cow performance is seasonal Journal of Dairy Science 87, 2947-2958
- De Vries, A.** 2007 The economics value of reproduction in dairy cattle Wester Dairy Management Conference Reno NV
- DeJarnette, J. M.; Sattler, C. G.; Marshall, C. E.; Nebel, R. L.** 2007 Voluntary waiting period management practices in dairy herds participating in a progeny test program Journal of Dairy Science 90. 1073-1079
- Domeck, J. J.; Skidmore, A. L.; Lloyd, J. W.; Kaneene, J. B.** 1997. Relationship between body condition scores and conception at first artificial insemination in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. Journal Dairy Science 80 (101)
- Duby T. R. and R. W. Prange.** 2002 Physiology and endocrinology of the estrous cycle Dairy Integrated Reproductive Management. University of Massachusetts, USA
- Edmondson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farve, T. and Webster, G.** 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows En J. Dairy Science 72:68 – 78
- Enciclopedia Libre Universal en Español.** 2010. Clasificación climática de Köppen enciclopedia.us.es/ /Clasificación_climática_de_Köppen
- Eicker, S. W.; Grohn, Y. J.; Hertl, J. A.** 1995 The association between cumulative milk yield, days open, and days to first breeding in New York Holstein cow Journal of Dairy Science 79 234- 241
- Elizondo, L.** 2007. Periodo seco corto en ganado de leche En línea www.veterinaria.org/revistas
- Ferguson, J. D.; Chalupa, W.** 1989 Symposium. interactions of nutrition and reproduction Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows Journal of Dairy Science 72. 746- 766.

- Fonseca, F; Britt, J; McDaniel, B; Wilk, J; Rakes, A. 1983** Reproductive traits of Holstein and Jerseys, effects of age, milk yield, and clinical abnormalities on involution of cervix and uterus, ovulation, estrous cycles, detection of estrous, conception rate and day open Journal of Dairy Science 66 1128 – 1147
- Foote, R. H. 2002** The history of artificial insemination Selected notes and notables Journal of Animal Science 80 1-10
- Fricke, P. 2001.** Entendiendo la clave para una reproducción exitosa Instituto Babcock Universidad de Wisconsin
- Fricke, P. M. 1999.** Reproductive Management of Dairy heifers and Cows Department of Dairy Sciences, University of Wisconsin, USA
- Fuentes, A., E. E. Araúz, P. Guerra y R. De Armas. 2003** Desempeño Fisiológico, Lactacional y Reproductivo en Vacas Holstein en Condiciones de Producción Intensiva en la Zona Baja de Panamá. Tesis de Maestría en Producción Animal Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá
- Garbarino, E. J.; Hernandez, J. A.; Shearer, J. K.; Risco, C. A.; Thatcher, W. W. 2004.** Effect of lameness on ovarian activity in postpartum Holstein cow Journal Dairy Science 87. 4123-4131
- Gilbert, R.O., W.T.K. Bosu, and A.T. Peter. 1990.** The effect of *Escherichia coli*
- Gill, J, 1978** Designs and Analysis of Experiments in Animal and Medical Science, Iowa State University, Ames, Iowa, USA.
- Goff, J. P.; Horst, R. L. 1993** Oral administration of calcium salts for treatment of hypocalcemia in cattle. Journal Dairy Science. 76 101-108
- González, E., 2007** Caracterización de los indicadores reproductivos en fincas lecheras grado A en la cuenca lechera de Bugaba Tesis de

Licenciatura en Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias,
Universidad de Panamá.

- Greenough, P. R.; Tamagnini, A. A. 2001** Algunos factores de riesgo de patología pódales en Argentina y la influencia de las mismas en la reproducción bovina 4º Simposio internacional de reproducción animal. Huerta Grande Córdoba Argentina
- Groosman, M.; Koops, W. 1987.** Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *Journal Dairy Science* 71 1598-1608
- Groosman, M.; Koops, W. 2001.** Modeling extended lactation curves of dairy cattle A biological basis for the multiphasic approach. *Journal Dairy Science* 86 988-998
- Grummer, R. 1995** Alimentación Durante la Transición Dairy Herd Management. University of Wisconsin, USA
- Guidry, A. J. 1985.** Mastitis and the Immune system of the mammary gland, *EnL Lactation* Edited by Bruce Larson, Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA Pág 220 – 262.
- Guillen, A. J. 2005** Caracterización de los sistemas de alimentación y su influencia sobre la producción y composición láctea en fincas productoras de leche con condiciones tecnológicas grado A en la provincial de Chiriquí Tesis de Maestría Universidad de Panamá
- Gumen, A., R. R. Rastani, R. R. Grummer, and M. C. Wiltbank. 2005.** Reduced dry periods and varying prepartum diets alter postpartum ovulation and reproductive measures *Journal Dairy Sci.* 88 2401-2411.
- Gwazdauskas, F.C.; Kendrick, K.W.; Prior, A.W. and Bailey, T.L. 2000.** Symposium Folliculogenesis in the bovine ovary Impact of follicular aspiration on folliculogenesis as influenced by dietary and stage of lactation *Journal of Dairy Science* Vol 83, p 1625-1634
- Hafez, E. S. E. 1996** Reproducción e Inseminación Artificial Ed McGraw Hill Interamericana

- Hansen, P. J. 2005.** Managing the heat Stressed cow to improve reproduction Department of Animal Sciences, University of Florida. FL, USA
- Hansen, P.J.; Arechiga, C.F. 1999.** Strategies for managing reproduction in the heat- stressed dairy cow Journal of Animal Science 77 36-50.
- Harris, B. J. 1990.** Alimentación de la vaca lechera para maximizar la producción de leche y el comportamiento reproductivo Conferencia internacional sobre ganadería en los trópicos Universidad de Florida. Gainesville Florida USA
- Harris, B. J.; Morse, D.; Head, H. H.; Van Horn, H. H.1991** Phosphorus nutrition and excretion by dairy animals International conference on livestock in the tropics. University of Florida. Gainesville. Florida. USA
- Heinrichs, A. J.; Ishler, V. A. 2004.** La calificación de condición corporal como herramienta para el manejo del hato lechero Conferencia dictada en el X congreso internacional de producción de leche en áreas tropicales David Chiriquí Panamá
- Henao, G.; 2001** Reactivación posparto en bovinos Revisión Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín Vol.54 nos 1 y v 2 p 1285-1302.
- Herrera, J. G. y Barreras S. A. 2000.** Otras aplicaciones del modelo de regresión En: Manual de Procedimientos Análisis Estadístico de Experimentos Pecuarios Colegio de Postgraduados Montecillo, Texcoco, México.
- Hidiroglou, M. 1979.** Trace element deficiencies and fertility in ruminants Journal of Dairy Science 62 1195-1206
- Hockett, M. E.; Almeida, R. A.; Rohrbach, N. R.; Oliver, S. P.; Dowlen, H. H.; Schrick, F. N. 2004.** Effects of induced clinical mastitis during preovulation on endocrine and follicular function Journal of Dairy Science. 88 2422-2431

- Holmes, G. W. y G. F. Wilson. 1989.** Producción de leche en las praderas
Traducción R S Arias, Ira, Edición, Español, Zaragoza, España Pág 260,
204 – 208
- Holmes, G.W. y G.F. Wilson. 1989** Producción de Leche en Praderas.
Traducción Rafael S. Arias 1era Edición Zaragoza, España Pág
260, 204-205
- Holy, L. 2007** El ciclo estral en el ganado vacuno. En. Seminario
Internacional de Transferencia de Embriones, Facultad de Ciencias
Agropecuarias, Universidad de Panamá
- Houseknecht, K.; Baile, C.; Materi, R. and Spurloc, K. 1998.** The biology of
leptin. Journal of Animal Science
- Hurley, W. L.; Doane, R. M. 1987.** Recent developments in the roles of
vitamins and minerals in reproduction Journal of Dairy Science. 72. 784-
804.
- Hutchinson, L. 1996** El manejo adecuado de la vaca seca para aumentar
sus utilidades En. Hoard's Dairymen. Editorial Aerotécnica. México.
pp. 107 – 119
- Jainudeen, M. R. y E. S. E. Hafez. 1989.** Embarazo, fisiología prenatal y
parto. En Reproducción e Inseminación Artificial en animales. Editorial
McGraw Hill, Toronto
- Jordan, E. R. 2003** Effects of heat stress on Reproduction Journal Dairy
Science 86 E104-E114
- Kaufman, W. y V. Saelzer. 1978** Fisiología digestiva aplicada al Ganado
Vacuno. Editorial Acribia España.
- Kelton, D.; Petersson, C.; Leslie, K.; Hansen, D.; 2001.** Associations
between clinical mastitis and pregnancy on Ontario dairy farms 2nd
International Symposium on Mastitis and Milk Quality
- Kirk, H. K. 2004.** Effects of clinical mastitis on production and reproduction
- Larson, B. 1974** The mammary gland function and milk production. En:
Lactation, volume II Edited by B Larson, New York, USA

- Larson, B. 1985** Biosynthesis and cellular secretion of milk En. Lactation, Edited by B Larson Iowa State University Press, Ames Iowa, USA Págs 129 – 163
- Leach M. C. and R. D. Allrich. 1991** Reproduction of Dairy Cattle Postpartum disorders, Cooperative Extension Service, Perdue University, USA
- Lucas, H. L. 1974** The lactation curve and persistency. En: Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. North Carolina State University, Raleigh, USA 1-1 al 2-22.
- Lucy, M. C. 2003** Mechanisms linking nutrition and reproduction in post partum dairy cows. Reproductive Supplement 61 415 – 427
- Lucy, M.C.; Savio, J.D.; Badinga, L.; De La Sota, R. L. and Thatcher, W. W.**
- McDonald, L. E. 1989** Patrones de la reproducción En Endocrinología Veterinaria y Reproducción Editorial McGraw-Hill, México, Págs 379 – 387
- McDowell, R. 1981** Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals National Research Council, Acad of Sciences WA, USA
- McGee, E.A. and Hsueh A.J.W. 2000** Initial and cyclic recruitment of ovarian follicles Endocrine Review Vol 21, No 2 p 200-214
- Méndez, N. 2007** Problemas de salud animal que limitan la producción animal en Panamá En Curso de salud en el programa de Maestría en Producción animal Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá
- Mepham, T. B. 1983.** Biology of the lactation in the dairy cow and metabolic profiles En. Biochemistry of lactation. Elsevier Sciences Publishers.
- Mess Vayen, D. 1997** El registro computarizado y los índices reproductivos Programa de Capacitación sobre el Programa Vampp Leche, Anagan, David.

- Miller, J. W. 1989.** Nutrición y Alimentación del Ganado Lechero Editorial Acirbia, España
- Ministerio de Salud (MINSA), 1988** Normas de evaluación y valoración higiénica para fincas lecheras en Panamá
- Moberg, G.P. 1991** How behavioral stress disrupts the endocrine control of reproduction in domestic animals *Journal of Dairy Science* 74: 304-311
- Montero, E. A., 2005.** Perfil estático y cinético del desempeño lactacional y reproductivo en vacas primíparas Holstein y Pardo Suizo en tres sistemas de producción lechera Grado A en la provincial de Chiriquí
- Morrow, D. 1980** Physiology and control of parturition in dairy cattle En: *Theriogenology* Sander Bros Company, New York, USA
- Nebel, R. 2006** Anatomy and Reproductive Physiology of Cattle Selected Reproductive Solutions, Select Sires, USA
- Nebel, R., 1998.** Your Herd's Reproductive Status Virginia Cooperative Extension, Virginia State University, Publication Number 404-005, USA
- Nebel, R.L and McGilliard, M.L. 1993** Interaction of high milk yield and reproductive performance in dairy cows *Journal of Dairy Science* Vol 76, p 3257- 3268
- Nett, T.M. 1987.** Function of the hypothalamic-hypophysial axis during the postpartum period in ewes and cows *Journal of Reproduction and Fertility* Vol 34, suppl p 201-213
- Nickerson, S. C. y Philpot, M. 1987.** Development of Mastitis En Dairy Research Report Hill Farm Research Station, Louisiana Agricultural Experiment Station, Louisiana State University
- Nielen, M.; Schukken, D.; Scholl, H.; Wilbrink, H. 1989** Twinning in dairy cattle: a study of risk factors and effects *Theriogenology* 32:845

- Novoa, A. 1979.** Sistemas de alimentación para la producción de leche tropical. Editado por A Novoa Catie, Turrialba, Costa Rica
- NRC, 2001.** Nutrients Requirements of Dairy Cattle 7 Th Ed Washington, D C , Natl Acad. Press USA
- NRC, 1989.** Nutrients Requirements of Dairy Cattle 6 Th Ed Washington, D C , Natl Acad Press USA
- Oetzel, C.R. 1997** Improving reproductive performance in dairy cattle via milk fever prevention The Bovine Proc. 20th Annual Meeting American Association of Bovine Pract., p52.
- Olivieri, M. G. y B. Rutter, 2003.** Afecciones podales en el ganado bovino. Cátedra de nutrición y alimentación animal Facultad de Veterinaria, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Olson, J. D. y R. J. Collier, 1984** The role of nutrition in dairy cattle reproduction En. Current therapy in Ptirogenology. Pp 170 – 178
- Pursley, J. R., M. R. Kosonok and M. C. Wiltbank. 1997.** Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. Journal of Dairy Science 80. 301 – 306.
- Quiroz, R. 1987.** Características e indicadores Zootecnimétricos de las Fincas Lecheras en Panamá Publicación técnica del IDIAP, Panamá
- Rastani, R. P., R. D. Watters and R. R. Grummer. 2007** Periodos mas cortos de vacas secas; Investigación y Recomendaciones, CRI, Horizons, Pág. 8 – 9
- Risco, C. A. 1998** El síndrome de la vaca repetidora. Relación con la nutrición, manejo y estrés calórico. Conferencia dictada en el IV Congreso internacional de producción de leche en áreas tropicales. David Chiriquí Panamá
- Risco, C. A. 1998** Manejo nutricional de las vacas secas y los desordenes relacionados con el parto Conferencia dictada en el IV Congreso internacional de producción de leche en áreas tropicales David Chiriquí Panamá.

- Risco, C. A. 2000** Management of the postpartum dairy cow to maximize pregnancy rate Buiatrics Congress Punta del Este Uruguay
- Risco, C. A.; Donovan, G. A.; Hernandez. 1999** Clinical mastitis associated with abortion in dairy cows Journal of Dairy Science. 82: 1684-1689
- Samudio, A. D., 2001** Niveles minerales en pastos de Panamá y algunos conceptos sobre nutrición mineral 1era Edición Impresos del Cid David Chiriquí Panamá
- Schillo, K.K. 1992** Effect of dietary energy on control of luteinizing hormone
- Schmidt, G. H, Van Vleck, L. D. 1974.** Bases Científicas de la Producción Lechera Editorial, Acribia, España
- Senatore, E.M; Butler, W.R. and Oltenacu, P.A.1996** Relationship between energy balance and post-partum ovarian activity and fertility in first lactation dairy cows Animal Science Vol 62 p. 17-23
- Senger, P. L. 1997.** The Estrous Cycle in the Cow En Pathway to Pregnancy ad parturition Current Conceptions Inc. Washington State University Research & Technology Pág 119 – 128
- Shoemaker, D., Eastridge, M., Breece, D., Woodruff.J. Rader D. y Marrison D., 2008.** 15 Measures of Dairy Farm Competitiveness The Ohio State University, Dairy Extension Dairy Excel [http //dairy osu edu](http://dairy.osu.edu)
- Sorensen M. T., J. V. Nørgaard, P. K. Theil, M. Vestergaard and K. Sejrsen 2006.** Cell Turnover and Activity in Mammary Tissue During Lactation and the Dry Period in Dairy Cows J. dairy Science 89 4632 – 4639.
- Sorensen, A. M. 1982.** Reproducción Animal. Principios y Prácticas. Editorial McGraw-Hill, México
- Spain, J.; Spiers, D.; Jackson, S. 2008.** Dominando el estrés calórico. Hoards Dairyman en español Noviembre 676-677 Mexico.

- Spain, J.; Spiers, D.; Jackson, S. 2008.** Pueden vencer las vacas el calor del verano Hoards Dairyman en español Septiembre. 572-574 México
- Spicer, L.J.; Tucker, W.B. and Adams, G.D. 1990** Insulin-like growth factor-I in dairy cows Relationship between energy balance, body condition, ovarian activity, and estrus behavior Journal of Dairy Science Vol 73; p 929-937.
- Staples, C. R.; Burke, J.M.; Thatcher, W.W 1998** Influence of supplemental fats on reproductive tissue and performance of lactation cows Journal of Dairy Science 81 856-871
- Stevenson J.S., Kobayashi Y., Thompson, K.E. 1999** Reproductive performance of cows in various programmed breeding systems including Ovsynch combination of gonadotropin-releasing hormone and prostaglandin Sci 82 506-515
- Stone, W. E. 2004.** Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminites in dairy cattle. Journal of Dairy Science 87. pp E13 – E26
- St-Pierre, N. R., B. Cobanov and G. Schnitkey.** Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries J Dairy Science 86.E52-E77
- Swanson, L. V. 1987** Interaction of nutrition and reproduction. Journal of Dairy Science. 72 805- 814
- Thatcher, W. W. 1974.** Effects of season, climate, and temperature on reproduction and lactation. Journal of Dairy Science 57 360-368
- Togashi, K.; LIN, C. 2003.** Modifying the Lactation Curve to Improve Lactation Milk and Persistency J Dairy Sci 86:1487-1493
- Tucker, H. A 1985** Endocrine and neural control of the mammary gland En Lactation Edited by Bruce L Larson Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA Pág 39-77
- Van Raden , P. 2007.** Selection for fertility in dairy cattle Animal Improvement Programs Laboratory USDA Agriculture Research Service Beltsville M.D USA

- Vigortone & Co, 1984, 1988.** Effect of dietary moisture on maximum dry matter intake in high producing dairy cows En Dairy Feeding Program Cedar Rapids, Iowa, USA
- Visser R. y R. Wilson. 2006.** Potencial de la producción lechera según los grupos raciales tipo leche Horizons, CRI.
- Watters, R.; Kulick, A.; Guenther, J.; Fricke, P.; Wiltbank, M.; Grummer, R. 2007.** Effect of dry period length on reproductive measure during the subsequent lactation en Holstein cow University of Wisconsin
- Wattiaux, M. A. 1999** Esencias lecheras. Instituto Babcock para investigación y desarrollo internacional para la industria lechera Universidad de Wisconsin Madison. USA.
- Wattiaux, M., y W. T. Howard. 2007.** Nutrición y alimentación de la vaca lechera Instituto Babcock Documentación en internet
- Weiss, W. P. and M. T. Socha. 2005** Dietary manganese for dry and lactating Holstein cows Journal of Dairy Science 88:2517-2523.
- West, J.W. 2004.** Heat Stress Affects How Dairy Cows Produce and Reproduce Animal and Dairy Science Department, University of Georgia
- Wilcox, Ch., W. Thatcher, H. H. Head and B. Harris. 1978.** Reproductive management and efficiency En Large Dairy herd management Edited by Ch Wilcox, Florida State, University Presses, Gainesville, Florida, USA
- Wölfenson, D., Z. Roth, and R. Meidan, 2000** Impaired Reproduction in heat-stressed Cattle. Basic and Applied Aspects Animal Reproduction Science. 60-61 535-547
- Wood, P. 1967** Algebraic model for lactation curve in cattle Nature 216 164-165 www.vetmed.ucdavis.edu/vetext/inf-DA/mastitis-on-product.pdf
- Yousef, M. K. 1985** Thermoneutral Zone for domestic animals En: Environmental Physiology in Livestock Pág. 67 – 73

Zumbado, R. 2004 Conceptos de nutrición mineral vitamínica en ganado lechero. Conferencia dictada en el X Congreso internacional de producción de leche en áreas tropicales David. Chiriquí Panamá