

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ESPECIALIZACIÓN EN  
PRODUCCIÓN ANIMAL**

**EFFECTIVIDAD DEL ANÁLOGO SINTÉTICO DE LA HORMONA DE  
LIBERACIÓN GONADOTRÓPICA (GnRH: BUSERELINA) Y LA  
PROSTAGLANDINA (PGF<sub>2α</sub>: CLOPROSTENOL) CON SINERGIA  
NUTRECEÚTICA SOBRE EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO  
POSTPARTO EN VACAS CRUZADAS EN LECHERÍAS  
INDUSTRIALES EN EL TRÓPICO**

**POR**

**ING. VICENTE ISAAC RAMÓN TORRES**

Cédula 7 - 94 - 2033

**Panamá, República de Panamá  
2011**

## **APROBACIÓN**

### **UNIVERSIDAD DE PANAMÁ VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO PROGRAMA DE MAESTRÍAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

Sr. Director del Programa de Maestría

Es grato recomendar la investigación elaborada bajo nuestra supervisión por el señor:

**Ing. Vicente Isaac Ramón Torres**  
Título de la investigación (Trabajo de Tesis)

**EFFECTIVIDAD DEL ANÁLOGO SINTÉTICO DE LA HORMONA DE LIBERACIÓN GONADOTRÓPICA (GnRH: BUSERELINA) Y LA PROSTAGLANDINA (PGF2 $\alpha$ : CLOPROSTENOL) CON SINERGIA NUTRECEÚTICA SOBRE EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO POSTPARTO EN VACAS CRUZADAS EN LECHERÍAS INDUSTRIALES EN EL TRÓPICO**

Se aceptó como requisito parcial para optar por el Grado académico de Maestría en Producción Animal

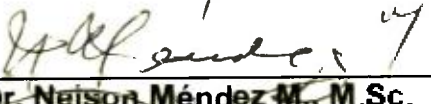
#### **Comité Supervisor:**



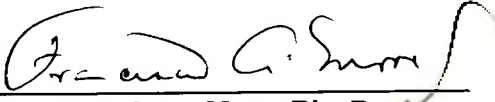
\_\_\_\_\_  
**Prof. Ing. Edil E. Araúz S., M.Sc.**  
Director de Tesis



\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Reinaldo de Armas Ph. D.**  
Miembro del Comité



\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Nelson Méndez M., M.Sc.**  
Miembro de Comité



\_\_\_\_\_  
**Dr. Francisco Mora Ph. D.**  
Coordinador

**Panamá, República de Panamá  
2011**

## **AGRADECIMIENTO**

A ti **Dios Mío**, por no abandonarme, por demostrarme que siempre estás pendiente de mí y de mi familia y por ser nuestro padre protector y principalmente por permitirme realizar un sueño más en mi vida.

En especial deseo agradecer al **Profesor Edil Enrique Araúz Santamaría**, mi director de tesis por toda la paciencia y por su valioso tiempo, por todo lo que me ha enseñado, conocimientos que me sirvieron de gran ayuda, no sólo durante la elaboración de este trabajo sino a lo largo de estos años durante el desempeño de mis actividades laborales y profesionales. Gracias por todo el apoyo, considero que usted fue mi mejor elección, porque me ha servido como ejemplo y deseo contar siempre con su sabiduría y amistad.

A mis asesores el **Doctor Reynaldo De Armas** y al **Doctor Nelson Méndez**, por las valiosas contribuciones que hicieron al inicio de la investigación y en cada una de sus etapas; y por el tiempo que dedicaron en la revisión de este trabajo final, aún a pesar de las actividades que los ocupan.

Agradezco de forma muy especial a los señores Belisario Villamonte, Eduardo Carreño (profesor), Juan González, Edilberto Saira, Clemente Sánchez (q.e.p.d.), César Morales, Pablo Morales, Víctor Hernández, Milciades Montero, Antonio Beitia y familia, Gaspar González, Josué Wong, Urbino Jiménez,

Francisco Caballero, Guadalupe Caballero, Said Caballero, MVZ, M.Sc., Diomedes Chávez, Francisco Martínez, Luis Martínez y a la Licda. Ana Batista; por haber depositado su confianza y permitimos ingresar a sus fincas y utilizar su ganado para realizar la etapa de campo; lo cual fue crucial en el desarrollo de la investigación, misma que sin su anuencia, no se hubiera concretizado. Se han ganado mi admiración y respeto.

**Al Doctor Francisco A. Mora, Ph.D.**, coordinador del Programa de Maestría, por ese trato tan especial y personal que da a todos y a cada uno de los estudiantes por alentarnos a superar nuestros fracasos y por alegrarse de nuestros éxitos.

A toda mi familia y la familia de mi esposa, gracias por las muestras de cariño. Con ustedes siempre he contado y han estado ahí para apoyarme, sin importar la razón y circunstancia.

Agradezco a aquellas grandes personas que hacen posible el conocimiento en las aulas de clases y a los excelentes profesores del programa de maestría. A todos los compañeros de esta generación, entre los cuales siempre tuvimos muchos momentos para compartir, reírnos y ayudarnos.

A todas aquellas personas de la Universidad de Panamá encabezada por el **Rector Dr. Gustavo García de Paredes**, a la **Dra Betty Ann de Catsambanis**,

Vicerrectora de Investigación y Postgrado y al **Dr. Juan Miguel Osorio**, Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias quienes en conjunto a través de la gestión administrativa han sostenido en sus metas institucionales el Programa de Maestría en Producción Animal como un alternativa académica para que los panameños continuemos con la superación profesional con miras a generar la solución de las problemáticas de la Producción Animal y el sector agropecuario nacional en general en pro de un mejor Panamá.

Con mucho cariño, respeto y admiración

*Ing. Vicente Isaac Ramón Torres*

## **DEDICATORIA**

A mi adorada hija **Paula Talita Ramón**, quién me prestó el tiempo que le pertenecía y me alentó con sus cartitas que hizo como recuerdos de su cariño, para mis largas ausencias durante el desarrollo de este trabajo.

A mí esposa, **Fernanda Ramos**, quien me brindó su cariño, su estímulo y su apoyo constante, durante todo este tiempo de sacrificios y desvelos, que me permitieron culminar y llegar a feliz término.

A mis padres, **Rogelio Marino Ramón y Lucía Torres**, por enseñarme a luchar desde pequeño, pero sobre todo por enseñarme a ser responsable, gracias a sus enseñanzas he logrado alcanzar esta meta.

A toda mi familia, quisiera nombrarlos a cada uno de ustedes pero son muchos, pero eso no quiere decir que no me acuerde de cada uno, gracias por su apoyo y consejos, los respeto y valoro.

A todos los ganaderos y profesionales de las ciencias pecuarias, quienes hacen uso de la tecnología para incrementar los rendimientos y brindar seguridad alimentaria a toda la población de nuestro hermoso país.

Para ustedes con respeto y cariño

*Ing. Vicente Isaac Ramón Torres*

# **EFFECTIVIDAD DEL ANÁLOGO SINTÉTICO DE LA HORMONA DE LIBERACIÓN GONADOTRÓPICA (GnRH: BUSERELINA) Y LA PROSTAGLANDINA (PGF2 $\alpha$ : CLOPROSTENOL) BAJO SINERGIA NUTRECEÚTICA SOBRE EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO POSTPARTO EN VACAS CRUZADAS EN LECHERÍAS INDUSTRIALES EN EL TRÓPICO.**

Vicente Isaac Ramón Torres

Septiembre, 2011

## **RESUMEN**

La evaluación reproductiva preliminar de 328 vacas (53.50%) en producción fue realizada en 20 fincas lecheras Grado C ubicadas en los distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón en la Provincia de Chiriquí sobre la base de 613 animales con capacidad reproductiva con el objetivo principal de determinar la composición reproductiva y detectar las vacas con anestro y actividad cíclica para evaluar la utilización del análogo sintético de la hormona GnRH para tratar el anestro y de la PgF2 $\alpha$  en la sincronización del celo ambos complementados con varios nutreceúuticos para establecer su efectividad sobre el desempeño reproductivo postparto. La eficiencia en la proporción de vacas en producción fue heterogénea; siendo estas: 30.1 a 40 (5%), 40.1 a 50 (35%), 40.1 a 50 (30%), 50.1 a 60 (25%), 60.1 a 70 (5%). La estructura reproductiva de las 328 vacas en producción fue: 50.91% en anestro, 16.16% ciclando, 7.32% con servicio de menos de 50 días y 25.61% preñadas. El perfil técnico promedio para las 20 fincas fue: 2.61 $\pm$  0.99 partos, peso corporal 415.02  $\pm$  59.68 kg, condición corporal 3.19  $\pm$  0.18, estado lactacional 118.58  $\pm$  32.63 días, producción de leche comercializada 6.11  $\pm$  1.09 kg/vaca día, leche consumida por ternero 4.31  $\pm$  0.33 kg/día entre 7 am y 1:00 pm y hemoglobina 10.71  $\pm$  0.697 g/100 ml. El estado hematimétrico hemoglobinico mostró anemia con un diferencial de -14.32%. Las vacas en anestro presentaron un estado lactacional entre 86 y 150 días. El modelo de alimentación fue forraje verde (pasto señal 85% y 15% suazi de las fincas) con una disponibilidad de 88.32  $\pm$  8.82 lb por animal por día y un consumo de forraje verde efectivo de 63.72 lb (6.96% pv); el cual aportó diariamente 12.99  $\pm$  1.68 lb de materia seca, 3.34  $\pm$  0.75 lb de fibra total, 620.90  $\pm$  77.65 g y 7.30  $\pm$  1.07 Mcal de ENleche. El rango más probable de peso corporal fue de 350 a 475 kg, la producción de leche comercial de 6.11 kg y un consumo por la cría de 4.39 kg con 4% de grasa. El balance de materia seca para las vacas entre 350 y 475 kg y 10.50 kg de leche diaria fue -4.58 a -5.99 kg; mientras que el balance de proteína osciló entre -589 y -684 g y el estado energético para una producción de 6.11 kg osciló entre -3.48 a -5.59 Mcal/día y para la producción total de 10.5 kg entre -7.24 y -10.8 Mcal/día. La tendencia de la producción de leche comercial fue descrita como  $\hat{Y} = 4.2406355 n^{0.176912070}$

e<sup>-0.003797896</sup> n (P<.0001); con una persistencia láctea de 6.722 kg, producción inicial 4.24 kg, producción máxima 9,98 kg/día y producción mínima a los 305 días 3.72 kg/día. La producción total según el consumo de leche del ternero estuvo asociada con la expresión  $\hat{Y} = 9.099 n 0.082219853 e^{-0.001885631 n}$  (P<.0001) con un máximo de 13.47 kg a los 43.6 días postparto y una persistencia de 6.8683 kg. La aplicación del GnRH y de las alternativas nutreutéicas para la enmienda del funcionamiento ovárico en las vacas con anestro lactacional, anemia ligera y un estado nutricional subenergético y subprotéico fueron ajustados por covariación según la condición corporal (P<.0147) y la concentración de hemoglobina (P<.0001); pero no por estado lactacional, la producción de leche y el peso corporal no mostraron una contribución covariativa significativa (P>.05). Los efectos de los tratamientos de GnRH mas nutreutéicos fueron diferentes entre los protocolos afines por el GnRH pero con diferentes nutreutéicos (P<.05). La aplicación del análogo sintético de la hormona de liberación gonadotrópica (acetato de Buserelina) en conjunto con el 4 dimetilamino-2-metilfenilfosfinato sódico como fuente de fósforo orgánico incrementó la tasa de presentación del celo de 57.14% (GnRH exclusivo) al 80% (GnRH + Fósforo orgánico), cuya diferencia fue 22.86% (P<.01). No obstante, la adición de los nutreutéicos vitamina AD<sub>3</sub>E y el complejo mineral (Fe, Cu, Co y Zn) sobre el tratamiento a base de GnRH + Fósforo no produjeron cambios en la tasa de presentación del celo. El tiempo para la presentación del celo en los protocolos GnRH + nutreutéico oscilaron entre los 23 y 28 días después de la administración. La tasa de preñez aumentó cuando al tratamiento con GnRH se le adicionó las alternativas nutreutéicas. La máxima tasa de preñez (80%) se obtuvo cuando las vacas anéstricas recibieron GnRH + Fósforo orgánico + el complejo mineral y la Vitamina E y el selenio; cuya combinación también generó el tratamiento con la máxima eficiencia reproductiva según la tasa de celo y preñez. La eficiencia reproductiva del protocolo fue muy próxima cuando se combinó el GnRH con el fósforo (61.54%). La sincronización del celo en vacas con actividad luteínica con PGF<sub>2</sub>α en conjunto con el fósforo orgánico, el complejo mineral hematopóyético (Fe + Cu + Co + Zn) y la vitamina E + Se; aumentó la efectividad; alcanzando el 85.71%, seguido de la aplicación de PGF<sub>2</sub>α + Vitamina E y Se (75%) y el tratamiento a base de PGF<sub>2</sub>α + Fósforo orgánico + Complejo mineral (71.43%). La mayor eficiencia reproductiva resultó para el protocolo PGF<sub>2</sub>α + Fósforo Orgánico + AD<sub>3</sub>E (71.42%). La utilización de las alternativas nutreutéicas a base de fósforo orgánico, vitamina AD<sub>3</sub>E, Vitamina E y Se y el complejo mineral Fe+Cu+Co+Zn contribuyeron con la presentación del celo, al acondicionamiento del medio urogenital y la habilitación gestacional en vacas subnutridas en estado lactacional y sometidas al amamantamiento con función ovárica luteínica; así como también potencializaron los efectos de la GnRH para restablecer la actividad ovárica, normalizar el ciclo estral y establecer la gestación.

**PALABRAS CLAVES:** Anestro, nutreutéico, GnRH, PGF<sub>2</sub>α. Fósforo orgánico, Hemoglobina, Producción de Leche, Anemia, Celos, Preñez, Eficiencia Reproductiva, Aciclia, AD<sub>3</sub>E, Acetato de Buserelina, lactación, ovarios, cuerpo luteo, Energético, Proteico, Materia Seca y Minerales

**EFFICACY OF THE ANALOGOUS OF SYNTHETIC GONADOTROPHIN  
RELEASING HORMONE (GnRH: BUSERELIN) AND PROSTAGLANDIN  
(PGF<sub>2</sub>α: CLOPROSTENOL) UNDER SINERGISTIC NUTRECEUTICS OVER  
THE POSTPARTUM REPRODUCTIVE PERFORMANCE IN CROSSBREED  
DAIRY COWS IN INDUSTRIAL DAIRY FARMS IN THE TROPICS**

**Vicente Isaac Ramón Torres**

**Septiembre, 2011**

**ABSTRACT**

Primary reproductive evaluation and the animal husbandry management were done in 328 lactating crossbreed dairy cows distributed across 20 Grade C dairy farms in order to determine the reproductive status, milk production and basic feeding and nutritional conditions. Major emphasis were to established the nutritional energetic and protein support for milk production and well health being and to determine the reproductive composition of the lactating group of dairy cows as well as to identify those animals that were not cycling and cycling too to treat them and evaluate the effects of various reproductive treatments combining hormonal and nutraceutical alternatives to improve the estrous cycle, heat rate presentation and pregnancy rate; as well as over reproductive efficiency. The experimental animals (328 lactating dairy cows: 53.51%) come from a population of 613 crossbreed dairy cows distributed in 20 small dairy farms. The reproductive condition and overall management for the lactating dairy cows were heterogenous since the proportion of cows in production showed different efficiency levels. For instance, the farms were classified as very low (30.1 to 40% cows on milk), poor (40.1 to 50% cows being milked), regular (50.1 to 60% cows in milk), good (60.1 to 70%) and very good (70.1 to 80% of cows in production); in which we found 5.0, 35.0, 30.0, 25.0 and 5.0% ( $P < .01$ ). This means that 70% of farms showed a poor reproductive state according to the proportion of lactating cows ( $P < .01$ ) as related to overall potential cows in those farms; which means there is a very low rate of potential for milk production and incomes. The reproductive evaluation of 328 lactating crossbreed cows showed the following classes: anoestrus 50.91%, cycling 16.16%, pregnat 25.61% and other cases 7.32%. The average lactating cow as the general mean coming from those 20 home dairy farms showed the following characteristics: parities  $2.61 \pm 0.99$ , body weight  $415.02 \pm 59.68$  kg, body condition score  $3.19 \pm 0.18$ , time after parturition  $118.58 \pm 32.63$  days, comertial milk yield  $6.11 \pm 1.09$  kg/cow day, milk consumed by the calf  $4.31 \pm 0.33$  kg between 7 am and 1:00 pm and hemoglobin  $10.71 \pm 0.697$  g/100 ml. Over all mean for hemoglobin showed that anemia were about - 14.32% over 12.5 g/100 ml blood. The lactating noncycling cows had 86 to 150 days after parturition. The feeding model was based on grazing and mineral supplementation mostly weekly (85% of those farms had Brachiaria decumbens and 15% Digitaria swazilandensis). Overall general roughage availability mean was  $88.32 \pm 8.82$  lb by animal and roughage consumption was estimated as 63.72 lb (6.96% body weight). Dry matter consumption was estimated as  $12.99 \pm 1.68$  lb, crude fiber  $3.34 \pm 0.75$  lb, total protein  $620.90 \pm 77.65$  g and net energy for milk production  $7.30 \pm 1.07$  Mcal. Body weight ranged from 350 to 475 kg and

commercial milk yield was 6.11 kg and milk consumption by calf was 4.39 kg with 4% fat. Dry matter balance was negative ranging from – 4.58 to – 5.99 kg/cow day when body weight were between 350 and 475 kg and 10.50 kg daily over all milk yield. Meanwhile, the negative protein balance ranged from -589 to – 684 g/cow day and the energy status was negative going from – 3.48 to – 5.59 Mcal/cow day when milk yield was 10.5 kg. Negative balance for dry matter, total protein and net energy for lactation increased when milk yield took into account milk used by calves. This means nutrition of lactating cows in this study showed clearly that roughage was not enough to achieve all those nutrients requirements for lactation even when body weight and milk yield were very low as related to pure dairy breeds as Holstein and Brown Swiss Dairy cows. Overall trends for milk yield across the lactation stage from the first week to week 42 were described by the gamma incomplete regression model indicated as  $\hat{Y} = 4.2406355 n^{0.176912070} e^{-0.003797896 n}$  ( $P < .0001$ ); where persistency was 6.722 kg, initial milk yield 4.24 kg, maximum milk production 9.98 kg/day and minimum milk yield 3.72 kg at 305 days in relation to commercial milk yield. However, when overall milk yield were accounted for milk trend for yield across the lactation period the lactating trend was described by  $\hat{Y} = 9.099 n^{0.082219853} e^{-0.001885631 n}$  ( $P < .0001$ ) having a maximum of 13.47 kg at 43.6 days after parturition as well as persistency was 6.8683 kg. The statistical analysis for both classes of treatment (GnRH + nutraceuticals and PGF2 $\alpha$  + nutraceuticals) were adjusted by body condition score ( $P < .0147$ ) and hemoglobin ( $P < .0001$ ) as covariates. However, other covariates such as milk yield, body weight and stage of lactation did not show variations ( $P > .05$ ). The overall reproductive efficiency by using GnRH for lactating anoestrus cows and PGF2 $\alpha$  for cycling lactating crossbred were improved when those hormonal and parahormonal factors were accompanied by organic phosphorus ( $P < .001$ ); as well as by others like minerals (Fe, Cu, Co and Zn) and vitamins (A, D<sub>3</sub> and E). The reproductive treatment based on the analogue of GnRH (Buserelin Acetate) together with 4 dimethylamino-2-methylphenylphosphinate sodium improved the rate of heat presentation in comparison to GnRH alone (80% vs 57.14%); showing a difference of 22.86% ( $P < .01$ ). However when other nutraceuticals were used; such as: vitamin AD<sub>3</sub>E, vitamin E plus selenium and mineral complex (Fe, Cu, Co and Zn) when compared to GnRH + Phosphorus. Time for heat responses when GnRH was used plus phosphorus happen from 23 to 28 days after treatment. The efficacy of a natural service were different between treatments. However, the efficiency of the hormonal treatment having GnRH plus Organic Phosphorus was different ( $P < .001$ ) as well as by using other nutraceuticals such as AD<sub>3</sub>E, mineral complex (Fe + Cu + Co + Zn) and vitamin E + Se. Pregnancy rate was increased when anoestrus cows were treated with GnRH and various nutraceuticals; whose highest pregnancy rate were 80% (GnRH + Phosphorus + mineral complex and vitamin E + Se); however, when GnRH and organic phosphorus were applied the reproductive efficiency resulted in 61.54%. The synchronization of heat in cycling lactating cows having a functional corpus luteum by using PGF2 $\alpha$  plus organic phosphorus plus vitamin AD<sub>3</sub>E was 85.71%; followed by PGF2 $\alpha$  + Vitamin E + Se (75%), PGF2 $\alpha$  and PGF2 $\alpha$  + organic phosphorus + Mineral Complex

(71.43%). Major reproductive efficiency according to heat presentation rate and pregnancy rate was showed by the treatment based on PGF2 $\alpha$  + Organic Phosphorus + AD<sub>3</sub>E (71.42%). As a result, there was an increment on rate of heat presentation, rate of pregnancy after a natural service as well as over all reproductive efficiency. The hemoglobin anemia did show its negative influence on reproductive protocols used for activation of noncycling ovaries as well as for those cycling cows. A part of this research in reproduction strongly support the idea that it is possible to improve hormonal treatment based on GnRH or PGF2 $\alpha$  when organic phosphorus, minerals (Fe, Cu, Co and Zn) and vitamin E and Se are used; since nutraceuticals help to established better conditions in the reproductive system, endocrine glands, uterine conditions and cell maintenance; even in lactating cows undergoing subnutrition regarding energy and protein as well as anemia in the tropical environments. Finally, nutraceuticals are products that have the biochemical potential to improve the efficiency of GnRH or PGF2 $\alpha$  in order to improve de efficiency of reproduction as well as the productive capacity of a crossbred lactating dairy cow in the tropics.

**KEYWORDS:** Anoestrus, nutraceuticals, GnRH, PGF2 $\alpha$ . Organic phosphorus, Hemoglobin, milk Production, Anemia, Heat, Pregnancy , Reproductive Efficacy, AD<sub>3</sub>E, Buserelin Acetate, Lactation, Ovaries, Corpus Luteum, NEmilk, Protein, Dry Matter, Minerals

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS</b> .....	<b>xx</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xxii</b>
<b>ÍNDICE DE ESQUEMAS</b> .....	<b>xxii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Actividad glandular y control hormonal de la reproducción en la hembra bovina.</b> .....	<b>10</b>
<b>2. El ciclo estral en la hembra bovina y los factores hormonales.</b> .....	<b>17</b>
<b>3. Etapas del ciclo estral en la hembra bovina.</b> .....	<b>20</b>
<b>4. Indicadores de la fertilidad y eficiencia reproductiva en la vaca lechera.</b> .....	<b>26</b>
<b>5. Los ovarios: control endocrino, dinámica folicular y actividad fisiológica ovogénica y esteroidogénica en la vaca lechera.</b> .....	<b>30</b>
<b>6. Nutrición y nutreceútica, fisiología reproductiva y fertilidad postparto.</b> ..	<b>36</b>
<b>7. Productos alternativos para el empleo nutreceútica reproductiva.</b> .....	<b>39</b>
<b>8. Hormonas y protocolos aplicados para mejorar la reactivación ovárica y la eficiencia reproductiva durante la lactación.</b> .....	<b>42</b>
<b>9. Efectos de la condición corporal y el balance energético negativo sobre la reproducción en la hembra bovina.</b> .....	<b>48</b>
<b>10. Efectos de las proteínas sobre la reproducción en la hembra bovina.</b> ..	<b>53</b>

<b>11. Relación del estrés calórico con la reproducción y la fertilidad en la hembra bovina. ....</b>	<b>57</b>
<b>12. Efectos del estrés calórico sobre el consumo de alimento y los requerimientos nutricionales en la vaca lechera .....</b>	<b>63</b>
<b>12.1. Estrés calórico, implicaciones nutricionales, consumo de materia seca y ajustes afines .....</b>	<b>65</b>
<b>12.2. Estrés calórico y requerimientos de energía para el mantenimiento corporal .....</b>	<b>68</b>
<b>12.3. El Estrés calórico y la producción de leche .....</b>	<b>69</b>
<b>12.4. Estrés calórico y consumo de agua .....</b>	<b>73</b>
<b>13. Efectos de la interacción genotipo por ambiente sobre la fertilidad en la vaca lechera .....</b>	<b>76</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>80</b>
<b>1. Unidades experimentales referenciales (Fincas Lecheras Grado C):</b>	
<b>Ubicación y Microambiente. ....</b>	<b>80</b>
<b>2. Animales Experimentales .....</b>	<b>81</b>
<b>3. Manejo General de los Animales Experimentales.....</b>	<b>81</b>
<b>4. Clasificación del estado reproductivo de las vacas y novillas y su información individual (registro individual) .....</b>	<b>82</b>
<b>5. Protocolos Hormonales y Nutreceúticos.....</b>	<b>82</b>
<b>6. Parámetros experimentales descriptores y dependientes.....</b>	<b>87</b>
<b>7. Técnicas especiales y procedimientos experimentales.....</b>	<b>88</b>
<b>7.1. Revisión reproductiva postparto.....</b>	<b>88</b>
<b>7.2. Pesaje y condición corporal postparto.....</b>	<b>89</b>
<b>7.3. Aplicación del tratamiento nutreceútico y hormonal. ....</b>	<b>89</b>
<b>7.4. Detección del celo, servicio y registros.....</b>	<b>89</b>
<b>7.5. Pesaje de la producción de leche semanal. ....</b>	<b>90</b>
<b>7.6. Estado nutricional energético, proteico y mineral (Ca y P).....</b>	<b>90</b>
<b>7.7. Seguimiento reproductivo y diagnóstico de la preñez.....</b>	<b>91</b>
<b>7.8. Registro e integridad de los datos experimentales. ....</b>	<b>91</b>
<b>8. Análisis Estadístico .....</b>	<b>92</b>

<b>9. Costo de la investigación y financiamiento .....</b>	<b>94</b>
<b>10. Periodo de ejecución de la investigación.....</b>	<b>94</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>96</b>
<b>1. Características y caracterización de las fincas lecheras industriales experimentales y sus indicadores zootécnicos básicos.....</b>	<b>96</b>
<b>2. Clasificación del hallazgo reproductivo en las vacas en ordeño .....</b>	<b>103</b>
<b>3. Relación del estado reproductivo con el estado lactacional, la condición corporal y la producción de leche.....</b>	<b>108</b>
<b>4. Perfil reproductivo y actividad ovárica durante la lactación. ....</b>	<b>118</b>
<b>5. Modelo de alimentación y estado nutricional de las vacas en producción en las fincas lecheras industriales evaluadas .....</b>	<b>122</b>
<b>6. Tendencia genérica de la producción de leche según el momentum postparto. ....</b>	<b>132</b>
<b>7. Influencia de los tratamientos con el análogo sintético de la Hormona de Liberación Gonadotrópica (GnRH) más minerales y vitaminas sobre la actividad ovárica y el desempeño reproductivo en vacas anéstricas en lecherías industriales .....</b>	<b>138</b>
<b>7.1. Características somáticas, lactacionales y hematimétrica de las vacas anéstricas tratadas con Acetato de Buserelina y productos nutreceúuticos. ....</b>	<b>142</b>
<b>7.2. Influencia de la Hormona de Liberación Gonadotrópica (GnRH) y el soporte nutreceúutico sobre la respuesta ovárica, manifestación del celo y estable-cimiento de la gestación en vacas con anestro postparto lactacional.....</b>	<b>153</b>
<b>7.2.1. Influencia del GnRH sobre la reactivación ovárica a partir de la condición del anestro lactacional. ....</b>	<b>156</b>
<b>7.2.2. Influencia del GnRH, algunos factores minerales y vitaminas de manera simultánea sobre la actividad ovárica, el ciclo estral y la habilitación gestacional en vacas con anestro lactacional. ....</b>	<b>159</b>
<b>8. Influencia de la Prostaglandina con un Complemento Nutreceúutico a base de minerales y vitaminas liposolubles sobre la sincronización del</b>	

<b>celo, la efecti-vidad del servicio natural y el éxito para el establecimiento de la preñez. ....</b>	<b>172</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>184</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>189</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>191</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

No.	TÍTULO	Pág.
I	Características biológicas y reproductivas de la hembra bovina.	21
	Etapas del ciclo estral; duración y características de importancia para el manejo reproductivo	23
III	Metas reproductivas para el manejo apropiado en las fincas lecheras modernas con énfasis en producción y eficiencia.	29
IV	Productos nutreceúticos de valor reproductivo para mejorar la fertilidad de la vaca lechera	40
VI	Interacción genotipo x ambiente. Preñez en cruces Brahman x Hereford.	78
VII	Guía para la administración de los tratamientos con GnRH y las alternativas nutreceúticas que fueron utilizados para las vacas con aciclia ovárica bilateral (anestro).	84
VIII	Aporte hormonal y nutreceútico de cada tratamiento experimental para las vacas con anéstricas en lecherías Grado C	84
IX	Contenido Hormonal a base de GnRH y el complemento nutreceútica activo para las vacas anéstricas y PGF <sub>2</sub> $\alpha$ más el complemento nutreceútica para las vacas ciclando	86
X	Productos nutreceúticos y su contenido farmacológico y la dosis	87
XI	Ubicación y distribución de las fincas lecheras Grado C experimentales en cuatro distritos de la Provincia de Chiriquí y cantidad de hembras efectivas totales y hembras en producción	98
XII	Distribución de las fincas lecheras industriales evaluadas según la proporción de hembras efectivas en ordeño con respecto al total de hembras disponibles	99

XIII	Generalidades del estado reproductivo en las vacas en producción según el análisis del sistema genital mediante la palpación transrectal para la evaluación ovárica y el diagnóstico de la preñez.	107
XIV	Resumen estadístico descriptivo del estado reproductivo y la actividad ovárica postparto en las vacas en producción en 20 fincas lecheras industriales distribuidas en los distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón	108
XVI	Resumen proporcional de la caracterización reproductiva inicial en las vacas en producción evaluadas en 20 fincas lecheras industriales distribuidas en los distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón	110
XVII	Medias del perfil somático, lactacional y Hemoglobínico en las unidades experimentales en lecherías Grado C.	115
XVIII	Bromatología e indicadores nutricionales del forraje verde en las fincas lecheras evaluadas	123
XIX	Resumen de las condiciones básicas de alimentación para las vacas en producción en las fincas lecheras industriales de índole experimental	125
XX	Análisis de varianza para la ecuación de regresión del requisito de materia seca (% del peso vivo) según el peso corporal y la producción de leche al 4% de grasa láctea	126
XXI	Requerimientos de materia seca en vacas de leche según el peso corporal (kg, lb) y la producción de leche (kg, lb) al 4% de grasa.	128
XXII	Principales requerimientos nutricionales durante la lactación según el peso corporal, la influencia ambiental y la producción de leche	129
XXIII	Balance de materia seca, energía neta lactacional y proteína total para vacas lecheras en lecherías industriales según el peso entre 350 y 475 kg y una producción diaria de 6.11 y 10.5 kg con 4% de grasa	130
XXIV	Análisis de varianza y componentes de la ecuación gamma incompleta para la producción de leche comercial (kg/vaca – día) en las 20 fincas lecheras Grado C evaluadas.	133

XXV	Análisis de regresión para la producción de leche total (comercial más consumida por la cría) en 20 fincas lecheras Grado C bajo el modelo de alimentación con forraje verde.	138
XVI	Tratamientos según la combinación de GnRH (Acetato de Buserelina), minerales y vitaminas para su evaluación en vacas anéstricas en estado lactacional en Fincas Lecheras Industriales	142
XXVII	Resumen del análisis de varianza para el número de partos, el peso corporal y el estado lactacional en las vacas anéstricas para la evaluación de la reactivación ovárica mediante el GnRH y la nutreceútica	146
XXVIII	Análisis de varianza para la Producción de Leche Comercial Diaria (kg) y la concentración de Hemoglobina (g/100 ml) en las vacas anéstricas experimentales para la evaluación de la reactivación ovárica mediante el GnRH y la nutreceútica.	147
XXIX	Análisis de varianza – covarianza para la presentación del celo después del tratamiento hormonal y/o nutreceútico aplicado en vacas anéstricas en lecherías Grado C.	148
XXX	Análisis de varianza – covarianza para el resultado del servicio natural (% de preñez) en las vacas anéstricas en lecherías Grado después de ser tratadas con Acetato de Buserelina con soporte nutreceútico.	149
XXXI	Análisis de varianza para el tiempo post-tratamiento en que se presento el celo que fue asociado con la monta natural en vacas con problemas de anestria en lecherías Grado C.	150
XXXII	Medias del número de partos, peso corporal y condición corporal de las vacas anéstricas experimentales.	151
XXXIII	Medias del estado lactacional, producción de leche comercializada y hemoglobina venosa en las vacas anéstricas experimentales según los tratamientos utilizados	152
XXXIV	Análisis de varianza para los animales que presentaron celo, el tiempo en que apareció el celo y el resultado de la preñez después del servicio natural según los tratamientos impuestos en las vacas anéstricas.	154
XXXV	Sinopsis de las medidas de los parámetros reproductivos y las condiciones previas al tratamiento hormonal y nutreceútico de	

	las vacas con anestro lactacional en lecherías industriales en los Distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón	155
XXXVI	Resumen de las características somáticas, lactacionales y reproductivas de las vacas anéstricas tratadas con Acetato de Buserelina como fuente de GnRH	157
XXXVII	Medias para los parámetros reproductivos derivados según los tratamientos a base del análogo sintético de la hormona de liberación gonadotrópica mas un complemento a base de oligoelementos y/o vitaminas	166
XXXVIII	Perfil somático y lactacional previo y parámetros reproductivos en vacas en lactación con actividad luteínica funcional sincronizadas con PGF <sub>2</sub> α más un nutreceúutico simultáneo en fincas lecheras industriales.	177
XXXIX	Matriz del diferencial de la tasa de presentación de celo, efectividad del servicio y de la eficiencia hormonal y nutreceútica en el protocolo de sincronización del celo con PGF <sub>2</sub> α en vacas con subalimentación energética y proteica en lecherías industriales	180
XL	Proporción de animales con gestación positiva según el modelo de sincronización con prostaglandina (Prostal®) y nutreceúuticos en vacas con actividad luteínica funcional con subalimentación energética y proteica clasificadas por la concentración de hemoglobina	181

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

No.	TÍTULO	Pág.
I	Cambio en la producción total de leche, número de vacas y rendimiento de leche por vaca en Estados Unidos entre 1944 y 2007	60
II	Influencia del grupo racial sobre la distribución proporcional de las vacas en lactación bajo estrés calórico diurno moderado según la temperatura rectal máxima y la sensibilidad calórica en la época seca.	61
III	Trayectoria del consumo de materia seca relativo según la temperatura ambiental en la vaca de leche	67
IV	Tendencia general del consumo de materia seca según la temperatura ambiental en la vaca de leche.	68
V	Trayectoria del requerimiento de energía neta lactacional para el mantenimiento corporal según la temperatura ambiental.	69
VI	Tendencia de la producción de leche según la temperatura ambiental en la vaca de leche	70
VII	Reducción de la producción láctea según la temperatura ambiental en la vaca de leche	72
VIII	Perfil biolactacional y metabólico de la vaca lechera en lactación	73
IX	Tendencia de la producción de leche, consumo de materia seca y del balance energético en la vaca de leche	74
X	Tendencia en el consumo de agua en la vaca de leche en lactación bajo la influencia del estrés calórico térmico ambiental	75
XI	Composición reproductiva básica de la población de hembras bovinas efectivas en 20 fincas lecheras industriales experimentales ubicadas en los Distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón	100

XII	Distribución proporcional de las hembras bovinas efectivas en 20 fincas lecheras industriales en los Distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón.	100
XIII	Cantidad de las hembras efectivas en ordeño y en el lote seco en las fincas lecheras Grado C	102
XIV	Composición reproductiva de las vacas en producción evaluadas mediante la palpación rectal en fincas lecheras industriales en los Distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón	111
XV	Tendencia central del número de partos, condición corporal, producción de leche y hemoglobina venosa en las fincas lecheras industriales.	116
XVI	Trayectoria de la producción de leche comercial diaria (kg/vaca) según el estado lactacional (días) según los datos generados en 20 fincas lecheras Grado C ubicadas en los distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón.	136
XVII	Proporción de vacas con celo, tiempo para la presentación del celo y eficiencia reproductiva según el celo y la gestación en las vacas anéstricas tratadas con GnRH y Solución Salina Fisiológica	158
XVIII	Respuesta según la proporción de animales que salieron en celo y cuyo diagnóstico reproductivo fue positivo	162
XIX	Medias de la proporción de animales que resultaron preñados después del tratamiento del anestro lactacional con GnRH y algunos factores nutreceúticos	167
XX	Eficiencia reproductiva total incluyendo celo y preñez según el tratamiento hormonal y el complemento nutreceútico en vacas anéstricas en fincas lecheras Grado C	170
XXI	Tasa de presentación de celo y tasa de preñez según el protocolo de sincronización a base de Prostaglandina $PGF_2\alpha$ y varios complementos nutreceúticos	179

## ÍNDICE DE FIGURAS

No.	TÍTULO	Pág.
I	Control endocrino integral de la Fisiología Ovárica en la Especie Bovina	14
II	Patrón hormonal del ciclo estral de la hembra bovina adulta	19
III	Evolución de los ovarios según sus estructuras y procesos a través del ciclo estral en la vaca	22
IV	Ilustración de las principales estructuras del ovario en la vaca según las fases del ciclo estral	23
V y VI	Características de los genitales externos y el arco pélvico en la hembra bovina en celo con actividad cíclica ovárica normal	24
VII y VIII	Liberación del moco cervical ideal procedente de las glándulas del cérvix en la hembra bovina en celo como requisito para la implementación de la inseminación artificial	25
X	Vaca mostrando la receptividad total para la monta	26
XI	Ovarios de la vaca en diferentes estados fisiológicos	31
XII	Dinámica Folicular Postparto en la Hembra Bovina.	34
XIII	Dinámica folicular de la vaca durante el período postparto	35
XIV	Mecanismos asociados con la pobre secreción de LH y crecimiento folicular subóptimo durante el ciclo estral y anomalías ováricas.	50
XV	El ambiente tropical sobre el comportamiento animal	62

## **I. INTRODUCCIÓN**

La capacidad reproductiva de la vaca lechera es afectada por factores internos como la producción de leche, el balance energético y proteico, la actividad glandular y los cambios hormonales; así como por factores de origen externo al animal, pero que de manera conjunta interactúan; afectando los procesos y mecanismos fisiológicos de la reproducción (Butler y Smith, 1989, Nebel, 1998). La influencia de los factores internos y/o externos desencadenan modificaciones funcionales metabólicas y reproductivas que afectan la actividad glandular encargada de modular los procesos ováricos, el estro, la ovulación, la luteinización, el reconocimiento de la preñez, la supervivencia embrionaria y la gestación y su culminación exitosa; reduciendo el desempeño reproductivo (Bazer y First, 1983), la capacidad biológica en tiempo y la productividad lechera (Fricke, 1999).

Los efectos más relevantes de las alteraciones de la reproducción se traducen en pérdidas reproductivas directas e indirectas; destacándose el retraso de la capacidad reproductiva; tal como se evidencia en base al periodo abierto, los servicios por concepción y el intervalo entre partos (Araúz, 2008). De allí, que se indique que las alteraciones reproductivas se relacionan directamente con la disminución del ciclo de la producción lechera, pero al mismo tiempo se afecta la eficiencia de la finca o empresa lechera propiamente (Wilcox et al., 1978). Sin

embargo, en el contexto del manejo reproductivo, el enfoque moderno enfatiza en la eficiencia de la vaca en función del patrón de la reproducción y el ciclo lactacional en la vaca lechera (Nebel, 1998).

El control de la reproducción en el ganado bovino lechero en cualquier escala tecnológica es esencial para lograr el mayor aprovechamiento de todos los recursos que se utilizan para la producción lechera; y lo cual a su vez se encuentra limitado por la propia capacidad lactacional del animal, así como por la intervención del humano a través del manejo en interacción con el medio ambiente (alimentación, bienestar físico, enfermedades y parásitos y control constituye reproductivo). Es evidente, que las metas de la reproducción se encuentran definidas en base al patrón ideal por biología y manejo con énfasis en la rentabilidad maximizada de la vaca lechera moderna en base a una producción anual superior a los 10,000 kg. No obstante, el mismo concepto de eficiencia se debe aplicar en vacas con menor potencial lechero, donde el objetivo primario es buscar que la vaca potencial entre al ciclo de producción a partir del parto entre 345 a 405 días (Nebel, 1998; Araúz, 2006). En Panamá, los índices de producción lechera anual para vacas cruzadas a nivel de fincas lecheras industriales se encuentra entre los 750 y 2000 kg con una alta variación en la duración del periodo de producción; así como en la naturaleza propia de la curva de lactación (Araúz, 2008). No obstante, para el productor de leche en Panamá, la efectividad lechera de la vaca cuenta a partir de la puesta en marcha

del periodo lactacional, aun cuando los animales disten mucho de la vaca lechera moderna como se indica en las cifras anteriores.

El patrón de la reproducción en la hembra bovina tipo leche se encuentra estructurado según el ciclo estral, el comportamiento sexual, la duración gestacional, la fase lactacional, la resincronización y reactivación ovárica postparto (Hansel y Convey, 1983; Duby y Prange, 2002). La referencia biológica se encuentra expresada a través de los indicadores que más bien constituyen índices para la orientación del seguimiento y la evaluación de la fertilidad y el desempeño reproductivo. Entre los principales indicadores de la eficiencia reproductiva en la vaca lechera se encuentran: la edad al primer parto (EAPP: 24 a 28 meses), peso al primer servicio (PAPS: 750 a 850 lb), peso al primer parto (PAPP: 1050 a 1150 lb), servicios por concepción (SPC: 1.25 a 1.45), período abierto efectivo postparto (PAEP: 60 a 105); los cuales entre otros describen el comportamiento reproductivo de la vaca y las medidas del manejo reproductivo oportuno como describe Araúz (2008).

El ciclo reproductivo normal en la vaca lechera incluye la gestación de 278 días, el periodo abierto obligatorio de 45 días, el periodo abierto electivo entre los 45 y 110 días postparto, el establecimiento de una nueva preñez y su culminación con un intervalo entre partos de 345 a 405 días; seguido de la fase lactacional que debe durar entre 270 y 335 días como fase de producción lechera (Wattiaux, 2003) bajo el concepto de la producción y rentabilidad; tomando en cuenta el

concepto de la administración lechera moderna basada en la sostenibilidad operativa.

Las metas zootécnicas de la producción lechera se encuentran relacionadas con el desempeño reproductivo y la capacidad genética de la vaca, la influencia del personal responsable del control del celo, la inseminación y la reactivación ovárica, la influencia del medio micro climático y con el estado de la salud del animal; así como también con el manejo nutricional, en especial durante la fase parto y temprana de la lactación (NRC, 1989; Butler y Smith, 1989). Por otro lado, la reproducción recibe una influencia negativa de parte del medio ambiente cuando la temperatura ambiental supera los 24°C y sobre todo si la humedad relativa es superior al 60% (Yousef, 1985). Los estudios de fisiología y reproducción en estrecha relación con el medio ambiente; indican que el estrés calórico tiene una influencia negativa sobre el funcionamiento glandular; lo cual repercute en la alteración del perfil de las hormonas que controlan los procesos críticos para el buen desempeño reproductivo; tales como: foliculogénesis, esteroidogénesis, ovulación, luteinización, establecimiento y desarrollo de la gestación, reactivación de los ovarios y normalización del ciclo estral en el ganado lechero (Wölfenson et al., 2000; Jordan, 2003; West, 2004). En los sistemas de producción lechera tropical, el estrés calórico vierte una influencia asociada de carácter negativo que afecta la conducta animal, el desempeño lactacional y la eficiencia reproductiva; lo cual se encuentra amplificado por la

influencia de las limitaciones energéticas y proteicas durante la lactación (Butler y Smith, 1989; Araúz, 2007).

El desempeño reproductivo postparto de la vaca lechera en Panamá no se encuentra actualizado en fincas lecheras de bajo grado tecnológico; ya que los estudios disponibles corresponden para 1994. No obstante, el mismo indica la existencia de deficiencias que se encuentran relacionadas a su vez con cuantiosas pérdidas económicas. Otros estudios en fincas lecheras Grado A muestran que igualmente, las fincas de mayor grado tecnológico también presentan deficiencias; en las cuales, se alcanza entre 50 y 80% de las vacas con un período abierto electivo prolongado; el cual supera los 110 días como meta máxima permisible para el establecimiento de una nueva preñez (Araúz, 2006, 2007). El atraso de la reproducción es el producto de múltiples factores; entre los cuales, se puede destacar: la influencia del balance energético, proteico y mineral, las parasitosis, la influencia ambiental, en especial el estrés calórico y el potencial genético de los animales para desarrollar una producción de leche que compromete el estado corporal y la salud metabólica de la vaca propiamente (Araúz, 2005).

Las irregularidades de la reproducción suelen incluirse en gran parte en la condición del anestro; aunque ello no indican sino la ausencia de la presentación de celos efectivos; los cuales se vean acompañados no solo de los signos de la receptividad por el macho, sino que conduzcan al proceso de la ovulación y al

establecimiento de una preñez que pueda culminar en forma exitosa (Bazer y First, 1983, Senger, 1997; Duby y Prange, 2002). Sin embargo, el estudio minucioso de la histología de los ovarios (Morrow, 1983 y Holy, 1987), del balance energético (Butler y Smith, 1989; Britt, 1995) y proteico (Ferguson y Chalupa, 1989), la inclusión del estrés calórico en las funciones glandulares y reproductivas (Jordan, 2002 y West, 2004) indican que la falta de celos efectivos después del periodo abierto obligatoria es un problema de naturaleza compleja. No obstante, con los conocimientos actuales disponibles, es posible efectuar la intervención oportuna e incluso tardía para recuperar el funcionamiento ovárico y alcanzar la habilitación de la gestación como meta en la vaca en producción. La investigación ha sido planteada para identificar el plano reproductivo general en hatos bovinos Grado C en la Provincia de Chiriquí; y al mismo tiempo intentar la restauración ovárica y reproductiva de aquellas vacas cuya condición genital y glandular evidencien irregularidades funcionales en estrecha relación con la condición genérica y la fisiopatología denominada anestro propiamente. Esta investigación tiene como metas encontrar cual es el estado y perfil reproductivo en las fincas lecheras grado C y al mismo tiempo implementar alternativas nutreutéicas y hormonales que permitan efectuar una enmienda factible para mejorar el desempeño reproductivo; las cuales maximicen el uso del potencial para la producción de leche en las fincas con tecnología industrial o artesanal.

El objetivo general de esta investigación fue evaluar el estado reproductivo de las vacas en producción en fincas lecheras grado C e identificar la estructura

reproductiva del lote de vacas en producción; así como intervenir las hembras que requieran alguna de las enmiendas reproductivas a través de la nutreceútica y hormonoterapia con gonadotropina (GnRH) y prostaglandinas PGF<sub>2</sub>α; para el restablecimiento funcional ovárico, la presentación del celo y la habilitación gestacional.

Los objetivos específicos planteados en este estudio fueron los siguientes:

1. Determinar el estado reproductivo de las vacas en producción en 20 fincas lecheras grado C ubicadas en los Distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón en la provincia de Chiriquí.
2. Caracterizar técnicamente 20 fincas lecheras Grado C, específicamente el perfil hemoglobínico, el programa de alimentación y los requerimientos nutricionales diarios de materia seca, energía neta lactacional y proteína, lactación, según peso, producción de leche comercial y el consumo de leche por parte de la cría.
3. Determinar si el perfil hemoglobínico, la condición corporal y el estado lactacional afectan covariativamente la influencia del GnRH + nutreceúticos en vacas anéstricas y sobre el uso del PGF<sub>2</sub>α + nutreceúticos en vacas con actividad luteínica para sincronización del celo en lecherías industriales.
4. Evaluar la aplicación del Fósforo orgánico, vitamina AD<sub>3</sub>E, complejo mineral Fe + Cu + Co + Zn y la vitamina E más el selenio sobre la efectividad del

análogo de la hormona de liberación gonadotrópica (GnRH) en vacas anéstricas con subalimentación energética y protéica y sobre la sincronización del celo en vacas con cuerpo lúteo funcional mediante la aplicación de PGF2 $\alpha$  para determinar tanto la reactivación ovárica como la normalización del ciclo estral (vacas anéstricas) como la programación del celo en las vacas con actividad ovárica luteínica.

5. Determinar si la aplicación del GnRH en conjunto con varios productos nutreceptivos como fuentes de Fe, Cu, Co y Zn, vitaminas A, D y E y de fósforo orgánico en vacas cruzadas con anestro postparto conduce a la reactivación de los ovarios, contribuye con la restauración del ciclo estral e incrementa la proporción de hembras con una nueva gestación a partir del servicio por monta natural.
6. Establecer si la aplicación de la prostaglandina (PGf2 $\alpha$ ) en conjunto con sustancias nutreceptivas mejora la efectividad de la sincronización del celo y la viabilidad del servicio natural en vacas cruzadas en lactación con limitaciones nutricionales (energía y proteína) e influencia del estrés calórico tropical.
7. Tipificar el estado reproductivo prevalente en las vacas en lactación y evaluar si la inserción de los protocolos de manejo reproductivo a través de la combinación de GnRH + nutreceptivos y PGF2 $\alpha$  + nutreceptivos pueden modificar la condición reproductiva según la estructura ovárica y funcional en

lecherías industriales donde hay limitaciones nutricionales de energía y proteína además del amamantamiento y el ordeño diario respectivamente.

8. Establecer las características típicas o prevalentes de la curva de lactación modelo para las 20 fincas lecheras industriales mas prevalente; destacando la producción inicial, máxima, final y la duración del periodo de producción.
9. Establecer si la presencia del fósforo orgánico actúa como un mediador sinergista sobre el uso del GnRH y los minerales y la PGF2 $\alpha$  más minerales y vitaminas en los procesos de reactivación ovárica en vacas anéstricas y en vacas con actividad cíclica en condiciones de limitaciones energéticas y proteicas durante la lactación.
10. Analizar la efectividad de los tratamientos hormonales más nutreceúticos con respecto al grado de anemia según el índice de la hemoglobina en vacas cruzadas en lactación con limitaciones energéticas y proteicas.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1. Actividad glandular y control hormonal de la reproducción en la hembra bovina.**

El ciclo reproductivo de la vaca es controlado por las hormonas que producen el hipotálamo, la pituitaria, el ovario y el cuerpo lúteo (Hafez, 1996; Duby y Prange, 2002). No obstante, la placenta y las glándulas de control metabólico actúan como modulantes de la reproducción; tal como ocurre durante la fase de la producción láctea (Lucy, 2003); involucrando la influencia nutricional y sobresaliendo el balance negativo de energía (Butler y Smith, 1989; NRC, 2001).

El hipotálamo participa en la modulación endocrina, el cual es un centro nervioso y glandular altamente especializado para recibir diversos signos químicos, entre los cuales se destaca la síntesis y liberación de la Hormona de Liberación Gonadotrópica (GnRH). Esta hormona de naturaleza proteica afecta la pituitaria; ocasionando la síntesis y liberación de la FSH y LH; las cuales a su vez determinan el mayor estímulo foliculogénico de los ovarios, y con ello estimula el crecimiento folicular y la producción de estrógenos (McDonald, 1998).

La FSH actúa sobre los ovarios y produce el desarrollo folicular con una consecuencia determinante en esteroidogénesis; la cual actúa positivamente sobre el propio hipotálamo para que se libere la Hormona de liberación

gonadotrópica tipo Hormona Luteinizante (GnRH-LH). Esto ocasiona que la liberación pulsátil de LH conduzca a la ovulación una vez que el folículo ha alcanzado el estado funcional de Graaf; y a su vez produzca la formación del cuerpo lúteo (Senger, 1997; Wattiaux, 2003).

El ciclo estral se detiene con el establecimiento de la gestación a partir de la influencia de la progesterona; la cual se produce en forma sostenida a partir del cuerpo lúteo en los primeros 150 días de la gestación (Bazer y First, 1983); sin embargo, la placenta en la hembra bovina produce progestágenos después de los 150 días de haberse establecido una gestación (McDonald, 1998). La progesterona participa sobre el hipotálamo; provocando la liberación adicional de GnRH-LH al inicio de la fase lútea; lo cual aumenta el proceso de la luteinogénesis. La producción sostenida de progesterona surte un efecto inhibitor potente a nivel del hipotálamo; evitando la producción de GnRH; lo cual limita la actividad foliculogénica y en consecuencia la producción de estrógenos (Kirby et al., 1997).

La glándula pituitaria es en consecuencia estimulada por la GnRH, que actúa sobre la región adenohipofisaria; y los efectos genéricos incluyen la producción y liberación de la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona Luteinizante (LH). Ambas hormonas, de manera casi independiente en principio, actúan sobre los ovarios; estimulando los procesos que se relacionan con la evolución de las células ováricas primarias hasta alcanzar el desarrollo de uno de los folículos dominantes con su producción paralela de estrógenos. Es evidente, que

la maduración folicular hasta el estado de Graaf, desencadena la producción de estrógenos antes de la ovulación y de progesterona luego de la formación del cuerpo lúteo. Otros aspectos como la conducta sexual son también dependientes de la influencia de la FSH al facilitar la esteroidogénesis y producción de estrógenos; los cuales sensibilizan el sistema nervioso y capacitan el aparato genital para recibir la copula, capacitación espermática y acondicionamiento del medio que propicie la supervivencia del óvulo, espermatozoides, cigoto y embrión hasta el reconocimiento de la preñez propiamente (Morrow, 1983; Senger, 1997).

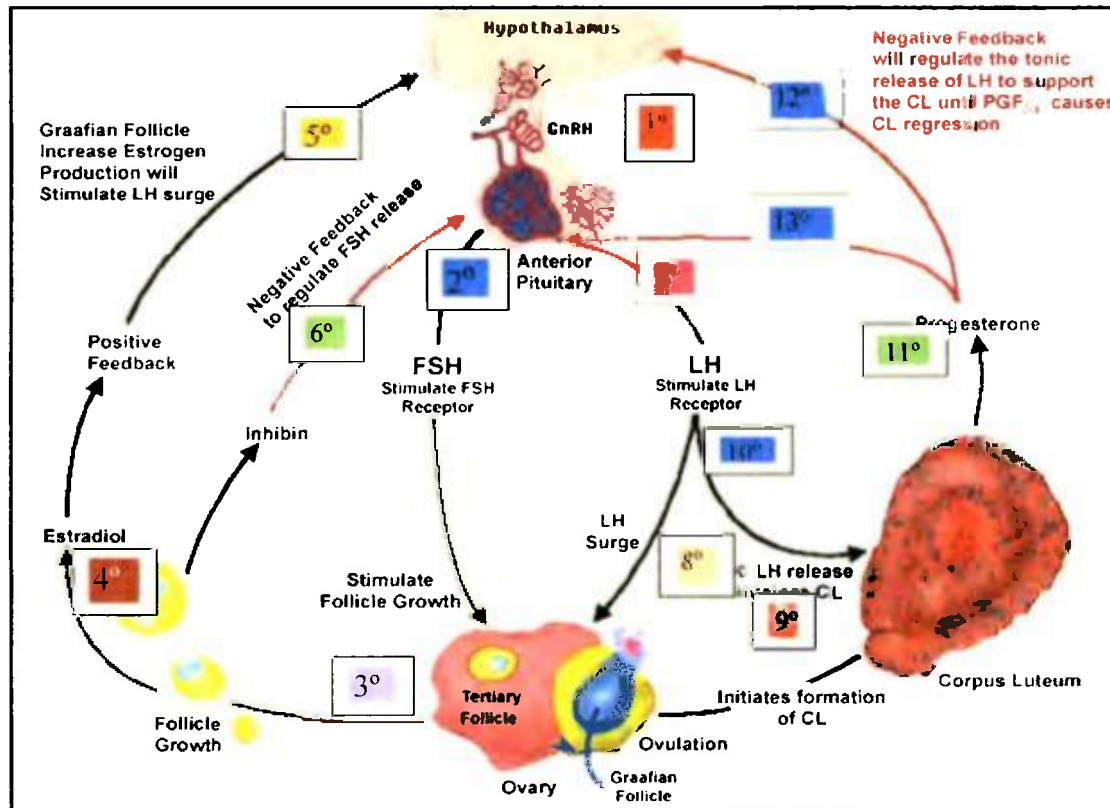
Los ovarios son órganos con una función citogénica ya que producen los óvulos; pero, al mismo tiempo, poseen una función endocrina al producir estrógenos y progesterona; siendo ambas funciones integradas para que la capacidad reproductiva sea efectiva. Los ovarios poseen los receptores hormonales para FSH y LH, produce los óvulos mediante la directriz bioquímica a partir de la FSH, genera los estrógenos que determinan la conducta sexual asociada con la cópula, permite el desarrollo de la ovulación, la luteinogénesis y la producción de progesterona propia del ciclo estral que se requiere para el establecimiento de la preñez y su continuidad exitosa (Bazer y First, 1983; Hafez, 1986).

Las hormonas realizan la integración directa y por alimentación negativa; estableciendo una interrelación entre el hipotálamo, la pituitaria, los ovarios y el cuerpo lúteo tal como se puede observar en la representación esquemática presentada por los Laboratorios Intervet (2006), descrita en los esquemas I y II.

Los ovarios reciben la influencia de las hormonas FSH y LH procedentes de la glándula pituitaria; las cuales inciden a nivel de los folículos para estimular su desarrollo. Este crecimiento puede avanzar hasta la formación de estrógenos, los cuales hacen una retroalimentación negativa hacia el hipotálamo; al mismo tiempo que se potencializa la acción de la FSH y de la LH sobre la actividad ovárica (ver figura I y II). El cuerpo lúteo se produce luego de la ovulación; alcanzando su estado funcional entre el 5<sup>to</sup> y 7<sup>mo</sup> día postovulatorio; produciendo progesterona en forma sostenida hasta que la  $PGF_{2\alpha}$  de origen uterino efectúe la neutralización de la capacidad de producir progesterona inicial y la regresión final del cuerpo lúteo o hasta que ocurra el parto (Senger, 1997).

El cuerpo lúteo mantiene su actividad y en consecuencia, la concentración plasmática de progesterona alcanza las mayores concentraciones entre el 7<sup>mo</sup> y 17<sup>vo</sup> día después de la ovulación (Hafez, 1989). Uno de los principales efectos de la progesterona es mantener la liberación tónica de LH a partir de la pituitaria a través de la alimentación hormonal negativa; siempre y cuando el cuerpo lúteo se mantenga sin la intervención de la prostaglandina de origen uterino en principio (McDonald, 1998). En consecuencia, la preñez marca una influencia hormonal sobre el ciclo estral; generando una amplificación de la fase luteal que corresponde al diestro gestacional (Fricke, 1999). La integración hormonal puede observar en el esquema I descrito por Intervet (2006) y enumerado según los pasos hormonales y funcionales de alimentación básica y negativa por Araúz (2007); destacando la importancia de la progesterona, hormona luteinizante y de la prostaglandina.

**Figura I:** Control endocrino integral de la Fisiología Ovárica en la Especie Bovina.

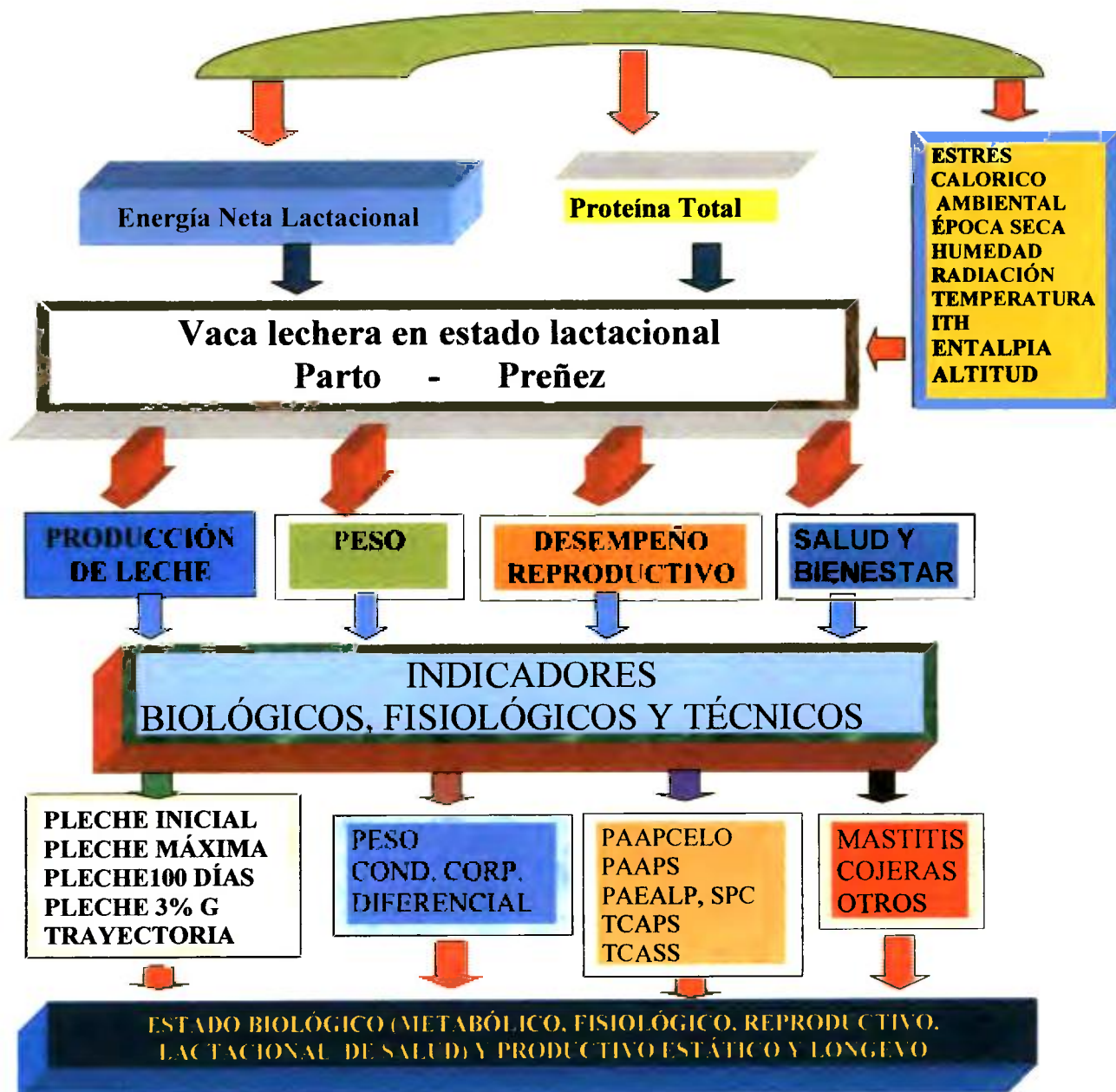


Fuente: Laboratorios Intervet (2006).

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 (Senger, 1997; Wattiaux, 2003). Finalmente, el sector uterino participa a través del miometrio en la acción mecánica muscular necesaria para producir la segunda fase del parto; es decir la expulsión del feto y de las placentas como parte de la tercera fase del parto propiamente (Vatti, 1975).

Luego de la expulsión de la placenta, la producción de estradiol es limitada; produciendo, al mismo tiempo, la eliminación de la influencia negativa de la progesterona y de los estrógenos sobre el hipotálamo. Esta es una de las condiciones hormonales determinantes para iniciar el restablecimiento del metabolismo en el hipotálamo para la síntesis de GnRH; cuya función a mediano plazo significa el restablecimiento de la influencia gonadotrópica sobre la pituitaria y por ende la influencia hormonal dependiente a través de la FSH y LH hacia los ovarios para restablecer su funcionamiento folicular, esteroidogénico, ovulatorio y luteinogénico (Leslie et al., 1984; McDonald, 1989). El restablecimiento del funcionamiento ovárico postparto en la hembra bovina depende de la participación del hipotálamo; donde se ubican varios núcleos de las células nerviosas capaces de la producción de la hormona de liberación gonadotrópica (GnRH); incluyendo el factor gonadotrópico de liberación folículo estimulante o FLG - FSH y el factor gonadotrópico de liberación luteinizante o FLG – LH como señalan Ulla et al., (1996) y Senger (1997). Hampton et al., (2004) indican que la reactivación de los ovarios depende ciertamente de la influencia de la FSH y LH; las cuales se producen en la adenohipófisis bajo la influencia de la GnRH. Este modelo se encuentra sustentado en la influencia mediante la integración del tronco hipotálamo – pituitaria en forma directa y a través de la alimentación hormonal negativa; la cual es fundamental para que los ovarios reinicien su actividad foliculogénico y esteroidogénico; siendo ambas cruciales para normalizar del ciclo estral (Nett, 1998; Duby y Prange, 2002).

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



Fuente: Araúz, E. E. 2006.

El manejo reproductivo moderno de la vaca lechera toma en cuenta diversos elementos; destacándose el plano nutricional, el estado fisiológico y el

desempeño lactacional, el tiempo postparto después del periodo abierto obligatorio, el estado de salud del aparato genital y la evolución puerperal (Lucy et al., 1992, Moore y Thatcher, 2006; NRC, 2001). Consecuentemente, se dice que el desempeño reproductivo y la fertilidad de la vaca lechera se encuentran bajo la influencia de varios factores; incluyendo: nutrición, genética, ambiente, salud, manejo, potencial lechero, edad y capacidad biolactacional. En el trópico, se conjugan el potencial lechero, las limitaciones nutricionales y el estrés calórico; los cuales alteran la naturaleza reproductiva y la fertilidad, en especial inmediatamente de la fase de producción, como indica Araúz (2006) en el siguiente esquema sobre lactación, requerimientos y reproducción postparto.

## **2. El ciclo estral en la hembra bovina y los factores hormonales.**

El ciclo estral en sus diversas etapas se encuentra modulado, regulado y sincronizado por diversos factores hormonales (Nebel, 2006); aunque el mismo puede ser alterado y/o influenciado por factores no hormonales como es el caso de la influencia nutricional a nivel general (NRC, 2001) o a nivel de las glándulas endocrinas y los ovarios (Lucy, 2003; Moore y Thatcher, 2006) y por el estrés calórico (Wölfenson et al., 2000; Jordan, 2003; West, 2004).

El perfil hormonal de la hembra bovina cambia dependiendo de la etapa del ciclo estral como indica Holy (2007) en la figura II. Los mayores cambios se relacionan con el aumento de la progesterona plasmática entre el 2<sup>do</sup> y 9<sup>no</sup> día;

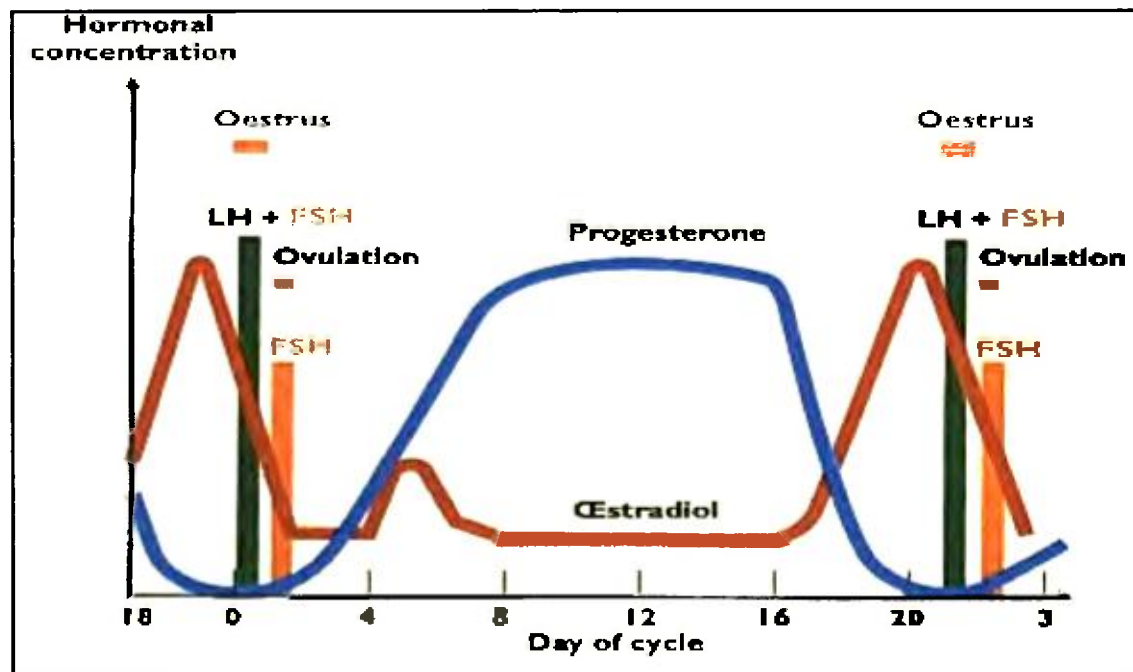
resultando en un nivel constante hasta el día 16<sup>vo</sup> y luego se evidencia un descenso hasta el cierre del ciclo entre el 20<sup>vo</sup> a 21<sup>vo</sup> días. La progesterona plasmática es dinámica y se incrementa a través de la fase luteal; describiendo la naturaleza funcional del cuerpo lúteo (McDonald, 1989). Por otro lado, los estrógenos se incrementan a partir del día 17<sup>vo</sup>; alcanzando el máximo valor en el día 20; así como la menor concentración entre el 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> día del ciclo estral. Esto ha sido descrito como la fase estrogénica; la cual precede y determina el estro o conducta sexual de la hembra bovina que culmina con la receptividad para la monta o el servicio mediante la inseminación artificial (Senger, 1997; Fricke, 1999).

Los niveles plasmáticos de la hormona Luteinizante y folículo estimulante se evidencian previo a la ovulación; manteniéndose una alta concentración de FSH antes de la ovulación; e incluso después de dicho evento ovárico. La variación de los niveles de FSH y LH se encuentra relacionada con el patrón de la liberación pulsátil y tónica en la hembra bovina descrita por Senger (1997) y Holy (2007) presentada en la figura II. El día cero del ciclo estral se observa la caída de los estrógenos y la elevación de la LH y FSH; constituyendo el perfil hormonal requerido como antesala para los procesos de la ovulación y la luteinogénesis; los cuales forman parte del metaestro propiamente.

El complejo hormonal compuesto por la GnRH, FSH, LH, estrógenos, y progesterona actúan de manera integrada y sincrónica definiendo el ciclo estral

en la hembra bovina; y cuya secuencia se altera definitivamente cuando se establece una preñez; produciéndose el anestro gestacional (Morrow, 1983). Las hormonas participan secuencialmente mediante su acción primaria; es decir, a través del tronco glandular hipotálamo – pituitaria – ovario – cuerpo lúteo – útero (Senger, 1997; Nebel, 2006). La secuencia de los procesos glandulares y citológicos pueden sufrir alteraciones mediante la influencia de factores hormonales de índole reproductivo, metabólico, micro ambientales y gestacionales (NRC, 2001; West, 2003; Lucy, 2003).

**Figura II:** Patrón hormonal del ciclo estral de la hembra bovina adulta.



Fuente: Holy, 2007.

### **3. Etapas del ciclo estral en la hembra bovina.**

El ciclo estral de la hembra bovina incluye varios procesos; tales como: síntesis y liberación hormonal (GnRH, FSH, LH, estrógenos, progesterona), crecimiento folicular, producción de estrógenos, ovulación, formación del cuerpo lúteo, síntesis y liberación de progesterona, producción prostaglandínica si no hay una preñez con la consecuente destrucción del cuerpo lúteo (Duby y Prange, 2002).

El ciclo estral en la hembra bovina tiene cuatro fases; que corresponden al proestro, estro, metaestro y diestro (Hafez, 1984). Las cuatro fases pueden ser ubicadas en la fase folicular y luteal. Entre las etapas, la más identificable es el estro; que se encuentra caracterizada por la presentación de los signos del celo hasta la receptividad de la monta (Nebel, 1997). La aceptación para la monta es producida por los estrógenos y cuyos efectos tardan entre 12 y 18 horas (Holy, 1987). El estro se identifica por nerviosismo de la vaca, edematización y enrojecimiento ligera del vestíbulo vaginal, alteración nerviosa, producción de moco cervical cristalino al tacto de la región bulbar y cervical, intentos de montar otras vacas y luego la aceptación para la monta por otras vacas o el toro (Hansel y Convey, 1983; Nebel, 2006). Las características reproductivas más relevantes de la vaca se presentan en el cuadro I; con énfasis en el manejo reproductivo y el seguimiento técnico para incrementar la eficiencia (Jainudeen y Hafez, 1989; Holy, 2007).

El ciclo estral en la vaca dura entre 18 y 24 días con una media de 21 días y una variación máxima entre 14 y 29 días; con actividad cíclica regular anual en

condiciones normales y de manejo nutricional apropiado (Jainudeen y Hafez, 1989; Nebel, 1998). Los principales eventos del ciclo estral de la vaca se agrupan en la fase de crecimiento folicular y desarrollo del cuerpo lúteo; de tal manera, que los eventos foliculares incluyen el proestro y estro y la fase luteal se subdivide en metaestro y diestro (McDonald, 1989).

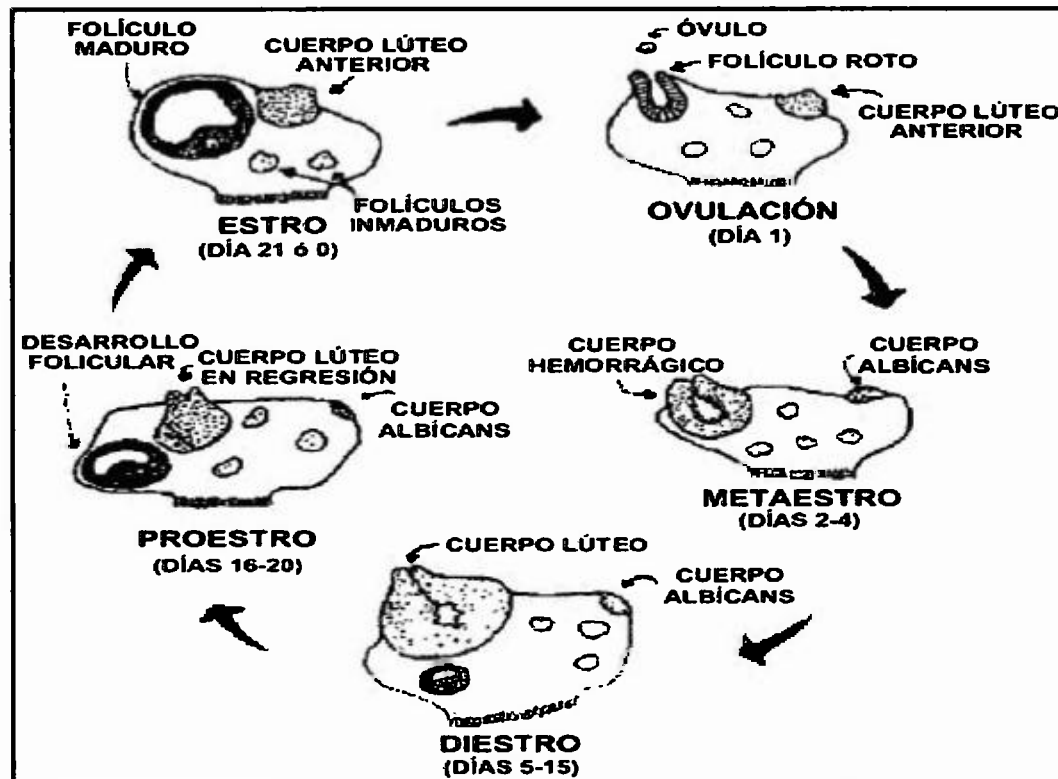
**Cuadro I: Características biológicas y reproductivas de la hembra bovina.**

<b>Parámetro Reproductivo</b>	<b>Promedio</b>	<b>Rango</b>
Estación sexual	Poliéstrica	
Edad a la pubertad (meses)	15	10 a 24
Ciclo estral – duración (días)	21	14 a 29
Estro (horas)	18	12 a 30
Ovulación tipo y óvulos liberados	Espontánea,1	Máximo 2
Tiempo ovulatorio desde inicio del estro (hrs.)	30	18 a 48
Duración del cuerpo lúteo (días)	16	13 - 18
Vida fértil del óvulo (horas)	22	20 a 24
Entrada del óvulo al útero postovulación (hrs.)	90	64 a 96
Duración de la gestación (días)	280	278 a 293
Edad al primer parto (meses)	30	24 a 36
Involución uterina (días)	45	32 a 50
Primera ovulación postparto (días)	30	10 a 110
Intervalo entre partos (meses)	13	12 a 14

Fuente: Jainudeen y Hafez, 1989.

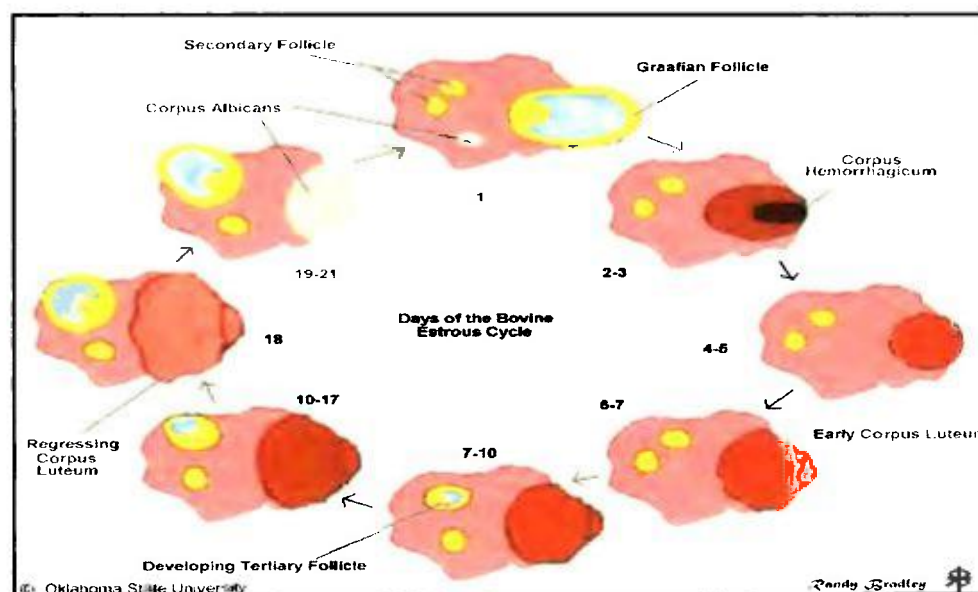
Las etapas presentan diferentes cambios y estructuras en el ovario (ver Figuras III y IV). El estro comprende entre el día 21 y el día inicial del próximo ciclo; mientras que la ovulación se genera en el 1<sup>er</sup> día del ciclo; seguido del metaestro; el cual transcurre entre el 2<sup>do</sup> y 4<sup>to</sup> día y le sigue el diestro entre el 5<sup>to</sup> y 15<sup>to</sup> día que incluye la fase luteal activa para definir el período del proestro entre el 16<sup>vo</sup> y 20<sup>vo</sup> día; y con lo cual culmina el ciclo al presentar el estro (Fricke, 1999).

**Figura III:** Evolución de los ovarios según sus estructuras y procesos a través del ciclo estral en la vaca.



Fuente: Hafez, 1989.

**Figura IV:** Ilustración de las principales estructuras del ovario en la vaca según las fases del ciclo estral.



Fuente: Animal Science Department, OSU, 2005.

**Cuadro II: Etapas del ciclo estral; duración y características de importancia para el manejo reproductivo.**

Etapa	Duración	Características y eventos para el manejo reproductivo
Proestro	2 a 3 días	Crecimiento folicular intenso generado por la FSH Incremento de la producción de estradiol
Estro	8 a 24 horas	Inquietud, nerviosismo, bramidos, disminuyen el pastoreo y el consumo de alimento, mayor locomoción, reduce la producción de leche, producción de moco cervical, monta otras vacas y se deja montar
Metaestro	2 a 3 días	Ocurre la ovulación 12 a 14 horas después de terminar el estro, se inicia el desarrollo del cuerpo lúteo y algunas vacas presentan el moco cervical ligeramente teñido de sangre.
Diestro	5 a 15 días	Tranquilidad sexual, no se evidencia celo. Si no se establece una gestación, se entra nuevamente en la fase proéstrica y el estro propiamente.

Fuente: Hafez, 1986; Duby y Prange, 2004; Holy, 2007.

El estro propiamente se caracteriza por diversos signos en la hembra bovina; incluyendo: nerviosismo, caminata incrementada, es más sociable con los animales del grupo, lame, huele y se aproxima a otras vacas como parte de su conducta, en especial, generada por la acción de los estrógenos (Duby y Prange, 2004). No obstante, el examen de los genitales y del tren posterior de la hembra en celo evidencia edematización de la vulva, erizamiento del pelo del sacro, reflejo lumbar y pélvico al tacto manual y liberación del líquido cervical al masaje de la región bulbar y/o cervical (ver figuras V, VI, VII y VIII), tal como describe Holy (2007).

**Figuras V y VI:** Características de los genitales externos y el arco pélvico en la hembra bovina en celo con actividad cíclica ovárica normal.

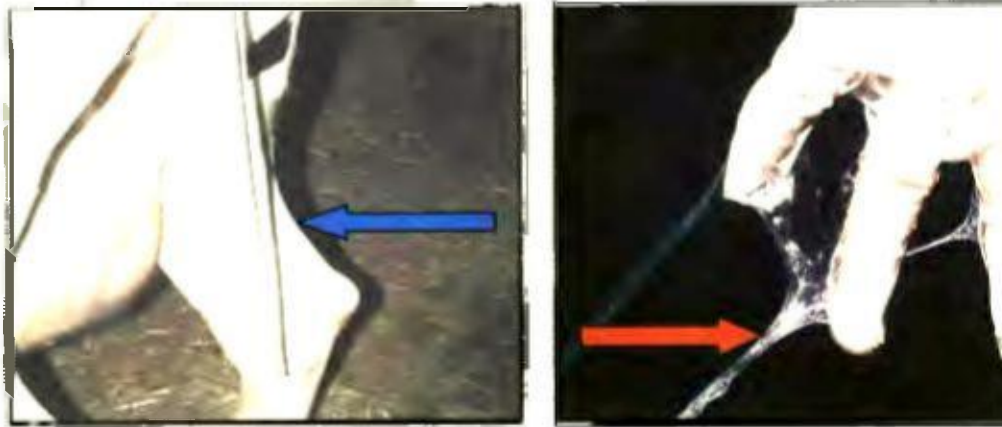


Fuente: Holy, 2007.



Fuente: Holy, 2007.

**Figura VII y VIII:** Liberación del moco cervical ideal procedente de las glándulas del cérvix en la hembra bovina en celo como requisito para la implementación de la inseminación artificial.



Fuente: Holy, 2007.

Otra de las evidencias del estro, propiamente, es cuando la vaca en celo muestra su total receptividad para recibir la monta de otras vacas o del toro cuando se utiliza la monta natural. Esta disposición de aceptar la monta es crítica al igual que el inicio del celo para implementar las medidas del manejo reproductivo concerniente para el servicio o la inseminación artificial. En la Figura IX se muestra una vaca en completo estado de conducta sexual donde la monta de otro animal se espera en forma sostenida; y lo cual ha sido denominado “Standing Heat”. Dicha condición coincide con el momento propicio para el servicio; aunque existe un rango de tiempo para efectuar el mismo en forma exitosa.

**Figura IX:** Vaca mostrando la receptividad total para la monta.



Fuente: Araúz, 2006.

#### 4. Indicadores de la fertilidad y eficiencia reproductiva en la vaca lechera.

Entre los indicadores de la reproducción en la hembra bovina se encuentran la edad al primer parto (EAPP), que evidencia la contribución del manejo, del medio y la alimentación y de la biología de la vaca propiamente. La edad al primer parto y el peso corporal son de gran importancia para establecer la calidad del sistema de crianza y la condición en que se ve incorporada la hembra bovina al ciclo de la producción. La magnitud de las reservas corporales y el peso al momento del primer parto determinan gran parte de la capacidad para alcanzar la recuperación glandular y ovárica postparto, en especial en la

actividad puerperal de los primeros 45 días después del parto (Morrow, 1983; Nebel, 1998).

Por otro lado, el peso al primer parto es importante para la reproducción; ya que la demanda metabólica lactacional requiere de la disponibilidad de reservas corporales; así como de la madurez histológica y glandular; en especial cuando se debe enfrentar el balance energético negativo (Butler y Smith, 1989). El peso ideal al primer parto es de 1050 a 1150 lb., para la raza Holstein y Pardo Suizo. No obstante, si el programa de crianza y desarrollo no es eficiente y el manejo reproductivo es impropio; entonces las hembras ingresan al ciclo reproductivo antes de la madurez somática esperada y ello repercute negativamente en el desempeño lactacional y reproductivo (Nebel, 1997; Araúz, 2006).

El Período abierto obligatorio (PAO) corresponde a los primeros 45 días después del parto y en el cual no se debe implementar la inseminación o servicio por monta natural (Nebel, 1998). Luego, el periodo abierto electivo, que oscila entre los 45 y 110 días después del parto. Este indicador reproductivo es ampliado por la influencia del balance energético negativo (Butler y Smith, 1989); culminado con el aumento del anestro postpartum; en especial, cuando el potencial genético lechero de la vaca es superior a los 5000 kg por año. En Panamá, Araúz (2004), indica que el período abierto en las fincas lecheras Grado A se encuentra entre 85 y 150 días; con un 57% de los animales atrasados a partir de los 110 días postparto. Este y el periodo abierto electivo (PAE) tienen una relación con el intervalo entre partos (IEP); el cual se relaciona con las pérdidas

reproductivas en función del periodo abierto (Nebel, 1998). El rango más aceptable para el intervalo entre partos oscila entre 345 y 405 días según Wilcox et al., (1978).

Los servicios por concepción (SPC) para establecer una preñez representa el comportamiento reproductivo postparto de la vaca cuando el seguimiento del celo y la inseminación artificial son realizados en forma apropiada (Fricke, 1997). El rango más aceptable es entre 1.40 y 1.75 para el ganado lechero especializado en Panamá (Araúz, 2006). La tasa de concepción es un indicador reproductivo generado a partir de los servicios por concepción; y en consecuencia, el mismo debe oscilar entre 55 y 70%; a pesar de la influencia de los factores ambientales (Jordan, 2003), el plano nutricional energético (Butler y Smith, 1989) y el tipo de manejo reproductivo (Nebel, 1998). Los indicadores reproductivos de valor económico son varios según Araúz (2006), Morrow (1980), Nebel (1998) y Duby y Prange (2002) y deben ser contemplados en toda explotación ganadera donde se busque tener control de la reproducción en forma eficiente; que se muestran en el cuadro III.

Los servicios por concepción (SPC) para establecer una preñez representa el comportamiento reproductivo postparto de la vaca cuando el seguimiento del celo y la inseminación artificial son realizados en forma apropiada (Fricke, 1997). El rango más aceptable es entre 1.40 y 1.75 para el ganado lechero especializado en Panamá (Araúz, 2006). La tasa de concepción es un indicador

reproductivo generado a partir de los servicios por concepción; y en consecuencia, el mismo debe oscilar entre 55 y 70%; a pesar de la influencia de los factores ambientales (Jordan, 2003), el plano nutricional energético (Butler y Smith, 1989) y el tipo de manejo reproductivo (Nebel, 1998).

**Cuadro III: Metas reproductivas para el manejo apropiado en las fincas lecheras modernas con énfasis en producción y eficiencia.**

<b>Parámetro Reproductivo y de Manejo</b>	<b>Ideal</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Peso al primer servicio (libras)	850	750	950
Edad al primer servicio (meses)	18	15	21
Peso al primer parto (libras)	1150	1050	1200
Intervalo entre partos (días)	385	345	425
Período postparto al primer celo (días)	35	21	45
Período postparto al primer servicio (días)	60	45	120
Índice de concepción (porcentaje)	70	60	85
Índice de parición (porcentaje)	90	80	92
Índice de preñez (porcentaje)	93	88	96
Período lactacional (días)	305	210	365
Período de descanso (días)	60	40	80
Vacas en ordeño (número)	80	70	90
Mortalidad embrionaria	2	1	5
Servicio por concepción	1.4	1.25	1.75
Índice de aborto (porcentaje)	1	0.5	2
Partos problemáticos (porcentaje)	8	4	11
Retención placentaria (porcentaje)	7	3	10
Metritis (porcentaje)	0.5	3	10
Mortalidad de terneros (porcentaje)	1	0.5	3
Producción Láctea mínima para secado (litros)	10	4	12
Longitud gestacional para el secado (días)	210	180	225
Edad máxima reproductiva (años)	10	8	12
Partos efectivos con período lactacional (No)	8	5	10

Fuente: Araúz, E. E. (2006), Morrow (1980), Nebel (1998) y Duby y Prange (2002).

Los indicadores reproductivos de valor económico son varios según Araúz (2006), Morrow (1980), Nebel (1998) y Duby y Prange (2002) y deben ser contemplados en toda explotación ganadera donde se busque tener control de la reproducción en forma eficiente.

#### **5. Los ovarios: control endocrino, dinámica folicular y actividad fisiológica ovogénica y esteroidogénica en la vaca lechera.**

El control funcional gametogénico y hormonal de los ovarios se encuentra bajo la influencia de las hormonas folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH). La hormona FSH es responsable del crecimiento y desarrollo de los folículos hasta que uno alcance el estado de Graaf; mientras que la hormona LH en conjunto con la FSH es la responsable de la ovulación (Pineda, 1991). En este sentido, el máximo pre-ovulatorio de FSH y LH es responsable de la ovulación y dura entre seis y 12 horas. El pico pre-ovulatorio de LH se inicia con un importante incremento en la concentración circulante de estrógenos; el cual tiene un efecto positivo sobre el eje hipotálamo - hipofisario; induciendo la descarga de GnRH. El estrógeno actúa a nivel hipotalámico; estimulando las áreas pre ópticas y supra quiasmática e incrementa la descarga de GnRH. El otro efecto se realiza a nivel de la hipófisis; aumentando la sensibilidad de las células gonadótropas a la GnRH; que origina el aumento en la descarga de LH y hace posible que el máximo de LH genere la elevación de los esteroides gonadales (Hafez, 1989). En consecuencia, los ovarios son dinámicos; aun cuando su ciclo normal es

alterado por diversos factores endógenos y exógenos; presentando diversos estadios funcionales (ver figura X).

**Figura X:** Ovarios de la vaca en diferentes estados fisiológicos.



Fuente: Laboratorios Intervet, 2006.

Según Senger (1997), el mantenimiento de las células hipofisarias en relación con la producción de FSH y LH ocurre en función de la GnRH; sin embargo, el sistema nervioso y el endocrino actúan manteniendo una relación conjunta sobre las señales pulsátiles de GnRH que determinan los procesos citológicos y la síntesis hormonal en la adenohipófisis.

La hormona gonatrópica de liberación o GnRH es producida en las neuronas que se encuentran localizadas desde la banda diagonal telencefálica de Broca hasta la cama de núcleos de la estría terminal y del área diencefálica e incluye los núcleos septales triangular y medial, el área peri ventricular, las áreas pre-óptica lateral y medial, el hipotálamo anterior y la zona media retro - quiasmática del tracto óptico. Se ha indicado que la mayoría de los axones de estas neuronas se proyectan por diferentes rutas hacia la eminencia media y hacia

otras estructuras caudales (McDonald, 1989). La hormona de liberación gonadotrófica se libera y transporta de manera pulsátil a la hipófisis anterior; siendo afín con los receptores específicos que regulan la síntesis y liberación de las gonadotrofinas (Gharib, 1990). La frecuencia de liberación de GnRH cambia bajo ciertas condiciones fisiológicas y ambientales provocando variaciones en la frecuencia de liberación de los pulsos de GnRH que se regulan de manera diferente la secreción de FSH y de LH (Morrow, 1980).

La actividad de los sectores celulares en el hipotálamo responsables de la síntesis y secreción de la GnRH es inhibida directa e indirectamente al desarrollarse la gestación; especialmente al mantenerse una alta y sostenida producción de progesterona; así como de las hormonas placentarias con actividad esteroidea (Bazer y First, 1983). En lo sucesivo al parto, se producen otras condiciones; tales como: balance energético, proteico y mineral en función del proceso de la lactación (Larson, 1985; Butler y Smith, 1989, Lucy, 2003; Boland y Lonergan, 2003). Todas estas condiciones endógenas interactúan sobre la recuperación glandular reproductiva de la vaca y su desempeño cuando el manejo no provee las necesidades nutricionales; en especial en el medio tropical, donde, además, se produce la influencia del medio físico a través del estrés calórico y la época anual (Araúz, 2007).

La restauración de la liberación pulsátil hipotalámica de la hormona liberadora de gonadotrofinas es un evento endocrino de vital importancia fisiológica y económica dado la expectativa moderna sobre el desempeño biológico y la

rehabilitación reproductiva que se debe producir entre los 50 y 120 días después del parto; pasando desde el hipotálamo vía la circulación portal hasta la pituitaria para conducir a la sensibilización adenohipofisaria a su influencia; haciendo posible la liberación de las hormonas folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH) en cantidades y frecuencias adecuadas (Duby y Prange, 2002). Este último evento desencadena el crecimiento y desarrollo folicular; el cual es seguido de la esteroidogénesis ovárica activa y posteriormente por la ovulación (Fricke, 1999).

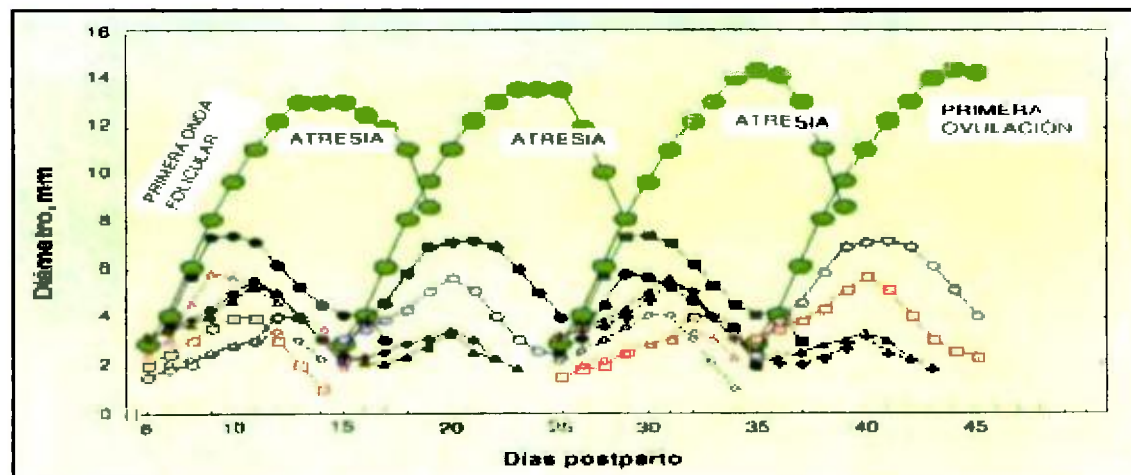
La reactivación de la actividad ovárica, después del parto, se logra al establecer el equilibrio o integración neuro-endocrino entre el hipotálamo, la pituitaria y los ovarios como órganos reproductivos interrelacionados de manera directa e indirecta a través de sus secreciones. Esta integración culmina con la generación de ondas preovulatorias que llegan a sufrir atresia folicular hasta que los estímulos hormonales son suficientes para culminar con la primera onda ovulatoria exitosa reproductivamente.

La hormona GnRH es el factor determinante de los eventos citológicos a nivel de la pituitaria; que culmina con la liberación de las hormonas FSH y LH; las cuales actúan directamente sobre los ovarios (Senger, 1997). La estabilidad del patrón de la hormona luteinizante ha sido indicada como un factor crítico para alcanzar con éxito el desarrollo folicular y de ovulación (Boland y Lonergan, 2003). El crecimiento folicular incluye, forzosamente, el proceso de la atresia de otros folículos; hasta que sea posible que un folículo alcance el estadio de Graaf. La formación del antro ocurre cuando el folículo tiene un diámetro entre 0,14 y

0,28 mm en el bovino; no obstante, ello requiere de 40 días hasta que el folículo alcance su tamaño para la ovulación; tal como describe Lussier et al., (1987).

El desarrollo de los folículos antrales es lento en su primera fase; alcanzando entre 3 y 4 mm; dependiendo de la tasa de proliferación de las células de la granulosa; mientras que la segunda fase del crecimiento folicular depende de la secreción de las gonadotrofinas. En esta fase, el crecimiento folicular es rápido, al incrementar el tamaño del antro folicular; y en consecuencia, el desarrollo terminal de los folículos antrales se desarrolla hasta que se consideran de tamaño preovulatorio (McDonald, 1989). En esta fase, aumenta la actividad esteroidogénica; así como la sensibilidad de las células de la granulosa como respuesta a las hormonas FSH y LH (Monniaux et al., 1997). El proceso del crecimiento folicular y la consecuente ovulación se desarrolla en dos o tres ondas foliculares (ver figura XI descrita por Henao et al., 2001).

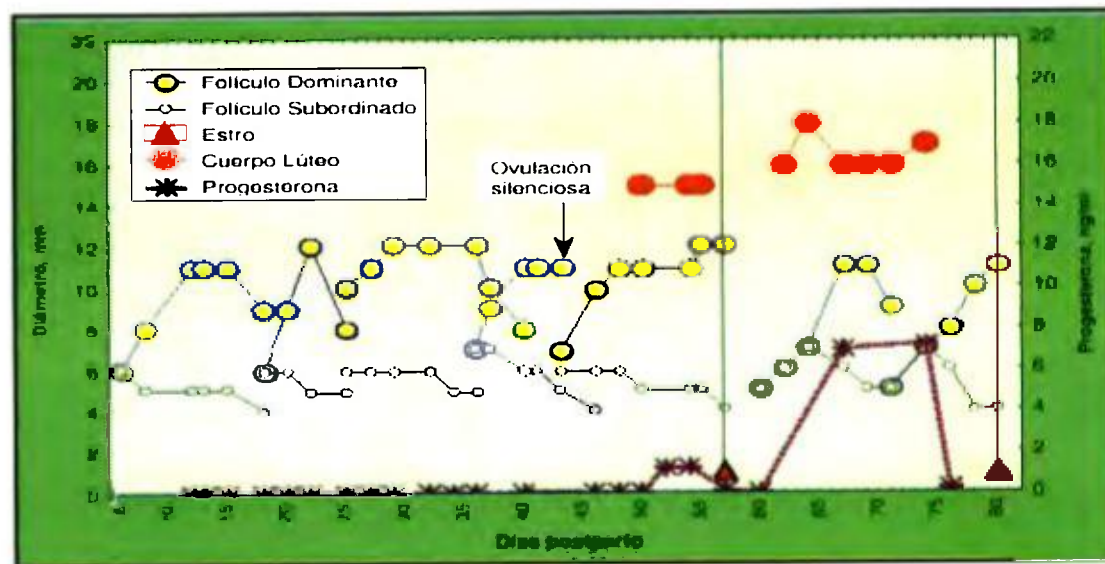
**Figura XI:** Dinámica Folicular Postparto en la Hembra Bovina.



Fuente: Henao et al., 2001

Se ha observado que la etapa del crecimiento folicular en los rumiantes domésticos se encuentra relacionada con las fluctuaciones en las concentraciones de FSH y en consecuencia, el desarrollo folicular recibe un efecto estimulador a partir de la hormona FSH; que facilita la presentación o emergencia de cada onda folicular (Kirby et al., 1997). La segunda ovulación es precedida por el estro y marca el final del anestro postparto; aunque en muchos casos puede producirse una ovulación silenciosa donde nunca se mostró el celo (ver figura XII). La presentación del primer crecimiento folicular postparto con formación de un cuerpo lúteo indica que la integración glandular hipotálamo – pituitaria – ovario ha ocurrido; con la contribución de los estrógenos y la progesterona (Duby y Prange, 2002; Nebel, 2006).

**Figura XII:** Dinámica folicular de la vaca durante el período postparto.



Fuente: Henao et al., (2001).

Henao et al., (2001) señalan que la dinámica folicular durante el anestro postparto y el primer ciclo estral de la vaca es caracterizado por el surgimiento temprano de la actividad folicular con la formación de un folículo dominante a partir de la segunda semana postparto. Esto indica que se produce la formación de las ondas foliculares secuenciales con la atresia del folículo dominante en la primera ovulación silenciosa; donde se forma el primer cuerpo lúteo de vida media y en consecuencia la producción de progesterona es baja; mientras que de corta duración para la ovulación se da en la segunda ovulación. Sin embargo, no es sino hasta que en la tercera onda folicular llega a definirse el ciclo estral normal; incluyendo; estrógeno, ovulación, luteinogénesis y formación de un cuerpo lúteo funcional en potencial de producción de progesterona en su longitud de vida (Henao et al., 2001).

## **6. Nutrición y nutreceútica, fisiología reproductiva y fertilidad postparto.**

El desempeño reproductivo del ganado bovino es influenciado por diversos factores nutricionales; al igual que en otros animales domésticos (NRC, 2001; Boland y Lonergan, 2003). En la actualidad, se conocen los efectos que se producen en condiciones de deficiencias cuando la limitante nutricional es la energía, proteína, minerales y vitaminas sobre la biología reproductiva y la fertilidad (Swanson, 1989). Otros estudios efectuados por Lucy (2003) indican que la suplementación durante la lactación surte un efecto benéfico en materia

de la recuperación ovárica funcional postparto, la tasa de concepción y la fertilidad en general.

La influencia de la nutrición postparto sobre la reproducción y el desempeño depende de que la vaca supere el parto y el puerperio sin dificultades metabólicas y procesos infecciosos (Leach y Allrich, 1991). De allí que un buen control del puerperio y de los procesos inherentes a la recuperación genital después del parto facilitan una mayor influencia positiva de la nutrición adecuada para lograr la rehabilitación reproductiva de la vaca lechera; cuando se consideran las necesidades nutricionales para el mantenimiento corporal, crecimiento, producción, locomoción y balance calórico durante las condiciones de estrés calórico en la época seca (NRC, 2001; Araúz, 2008).

El empleo de la suplementación con ácidos grasos como el linoleico y el selenio han demostrado su beneficio en la reproducción postparto de la vaca lechera; así como de la propia inmunología y capacidad fagocítica de los leucocitos (Thatcher et al., 2007); en especial cuando se tiene la condición del estrés calórico como complemento negativo. Otros estudios realizados por Arechiga et al., (1998) indican que el selenio y las vitaminas A y E contribuyen al mejoramiento reproductivo; reduciendo el número de los servicios por concepción y el intervalo entre partos. Otros factores nutricionales como el fósforo, selenio, iodo, cobre, cobalto, calcio, magnesio y el hierro han sido reportados que afectan la reproducción, pero en la condición de deficiencia

principalmente; aunque los excesos de Fe, Cu, Co y Zn también representan comprometimiento para el funcionamiento reproductivo en la vaca lechera (NRC, 2001; Staples y Thatcher, 2003).

En relación con la influencia de la proteína y la reproducción se ha señalado que los excesos de proteína son más perjudiciales que las deficiencias; aun también la deficiencia es negativa ya que afecta la síntesis de hormonas proteicas y enzimas; tal como se indica en el simposio internacional sobre la interacción nutrición – reproducción presentada por Ferguson y Chalupa (1989).

En el plano energético, la suplementación con grasa durante la lactación y previo a la primera ovulación estuvo relacionado con el hecho de que las vacas suplementadas produjeron una mayor cantidad de progesterona que el grupo control a partir del tercer día después de la inseminación. Además, la suplementación de la grasa en la alimentación de la vaca en lactación estuvo asociado con el aumento del tamaño del folículo ovárico dominante; alcanzando un promedio de 16.4 mm vs 12,9 mm (Lucy et, al., 1991, 1990, 1993; Oldick et al., 1997).

El balance energético negativo representa la condición nutricional de índole metabólico resultante durante la lactación como una de las condiciones son las limitantes de la reproducción; afectando el tiempo a la primera ovulación postparto, la manifestación del celo, la duración del celo, la tasa de concepción, el periodo abierto y el intervalo entre partos como derivados de la limitación

glandular y ovárica durante la lactación (Butler y Smith, 1989). En consecuencia, el desempeño reproductivo postparto de la vaca lechera exige biológicamente el cuidado de proveer todos los nutrientes para el mantenimiento y la producción; cuidando el balance nutricional ligeramente positivo con un máximo entre 5 y 10% sobre los requerimientos de la NRC (1989, 2001); tomando en cuenta las condiciones de la ganadería lechera tropical (Araúz, 2007).

### **7. Productos alternativos para el empleo nutreceútica reproductiva.**

La influencia de la nutrición sobre la reproducción ha sido indicada en diversos experimentos; entre los cuales se han resumido los efectos sobre la secreción gonadotrópica, fisiología ovárica, actividad luteínica y producción de progesterona, calidad de los óvulos, calidad y supervivencia de los embriones y fertilidad (Boland y Lonergan, 2003). Actualmente, existen diversos preparados farmacológicos que han sido elaborados para su empleo como coadyuvantes y/o parte de los protocolos para la enmienda de la aciclia, reactivación glandular, ovárica y para el mejoramiento de la fertilidad en la vaca lechera particularmente (Araúz, 2007).

En el cuadro IV se muestran algunos productos alternativos que tienen aplicación reproductiva en diversos aspectos de importancia para el manejo y mejoramiento de la capacidad reproductiva de la hembra bovina; en especial durante la etapa temprana de la lactación.

**Cuadro IV:** Productos nutreceúticos de valor reproductivo para mejorar la fertilidad de la vaca lechera.

<b>Nombre Comercial</b>	<b>Producto Activo o Farmacológico</b>	<b>Laboratorio</b>	<b>Indicaciones reproductivas</b>
Vicon-500	Vitaminas A, D <sub>3</sub> y E	FARYVET S.A	Mejoramiento reproductivo Calidad gamética
Univit AD <sub>3</sub> E con Complejo B	Vitaminas A, D, E, Tiamina, Rivo flavina, Nicotinamida, Pantenol, Piridoxina y Cianocobalamina	UNIPARM,S.A	Mejoramiento reproductivo Infertilidad postpartum Calidad gamética, Actividad glandular, Metabolismo gonadal
Becafor	Vitamina E y Selenio	Laboratorio LAQUINSA	Retención placentaria Quistes ováricos Baja tasa de concepción Celos silenciosos
Fosfoton	Fosforilcolamina Cianocobalamina	Laboratorios Servinsumos S.A.	Actividad ovárica Mejoramiento del celo Actividad ovogénica
Fosfomin	Fosfinato sódico Selenito sódico Nicotinamida	Laboratorios V. M.	Funcionamiento gonadal Funcionamiento sexual Ovogénesis, Espermatogenesis Ovulación, Esteroidogénesis, celo
Solución Anti anémica	Fe, Cu, Co, Zn y Cianocobalamina	Laboratorio Cheminova S. A.	Anemia, Aciclia Metabolismo gonadal Actividad reproductiva
Iroid	Iodo	Laboratorio LAQUINSA	Metabolismo general y gonadal Espermatogenesis, Ovogénesis, Esteroidogénesis e irregularidades
Mineralizante Iodo + Fosforo	I, P, Cu, Co y Mn	Laboratorio CHINFIELD	Irregularidades reproductivas Infertilidad, Celos silenciosos
Olivitasan	ADE, ATP, I, Mn y Cu	Laboratorio Ale - bet	Baja fertilidad, Actividad glandular Celos y Ovulación
Vitamina AD <sub>3</sub> E	Vitaminas A, D <sub>3</sub> y E	Lab. BAGO	Esterilidad, Infertilidad, Celos

Fuente: Arauz, E. E. (2008).

Entre los productos activos más sobresalientes; se encuentran aquellos cuyo contenido farmacológico incluye vitaminas liposolubles, vitaminas hidrosolubles,

elementos minerales como el I, Se, P, Mn, Fe, Cu, Co, Zn; así como compuestos específicos (Trifosfato de Adenosina (ATP), fósforo orgánico y fosforilcolamina). Cada uno de los productos comerciales de uso veterinario y zootécnico tiene diversas aplicaciones de acuerdo con el producto activo que portan y en base a su contenido. Por otro lado, la influencia directa o indirecta hacia la reproducción y su mejoramiento depende del estado funcional y lactacional; aunado al estado glandular y ovárico propiamente (Lucy, 2003). Se observa en el cuadro IV, que los productos pueden contener vitaminas liposolubles e hidrosolubles, minerales, sustancias de valor metabólico general y glandular, además, pueden combinar estos según las propiedades químicas y la posibilidad de mantener la integridad estructural para garantizar su capacidad farmacológica propiamente.

Se destacan entre los minerales de mayor relevancia reproductiva el P, I, Se, Cu, Co, Zn, Fe y Mn. No obstante, otros productos ofrecen un contenido de catabólitos como la fosforilcolamina, ATP y el fosfinato sódico; cuyas sustancias tienen funciones en las glándulas y gónadas. Las funciones benéficas sobre la reproducción son directas e indirectas y sus indicaciones son variadas dependiendo del ciclo estral de la hembra bovina objeto del control reproductivo.

Esto significa que un solo producto veterinario y zootécnico puede contribuir con uno o más tipos de sustancias nutricionalmente, capaces de impactar en las glándulas, aparato genital y ante todo para alcanzar el normal funcionamiento

reproductivo de la hembra bovina dura te los primeros cuatro meses después del parto.

#### **8. Hormonas y protocolos aplicados para mejorar la reactivación ovárica y la eficiencia reproductiva durante la lactación.**

La recuperación del aparato genital durante el puerperio y el restablecimiento glandular a nivel del hipotálamo, la pituitaria y los ovarios en la vaca tipo leche es crítica como base para la normalización del ciclo estral (Webb et al., 1992; Duby y Prange, 2004). La normalización glandular y ovárica se ratifica con la normalización del ciclo estral, acompañado de celos definidos que conlleven la ovulación, la formación del cuerpo lúteo y el establecimiento inicial de la preñez (Senger, 1997; Holy, 2007). Esto debe producirse entre los 45 y 110 días postparto; el cual corresponde al periodo abierto electivo, durante el cual se debe producir un servicio por monta o inseminación artificial efectivo (Nebel, 1998; Araúz, 2008).

El restablecimiento glandular reproductivo se encuentra influenciado por el estado metabólico de la vaca en lactación (Larson y Collier, 1985), el estado puerperal y su evolución (Morrow, 1983), el balance energético y su estado nutricional (Butler y Smith, 1989), el medio físico y el estrés calórico (West, 2004) y el manejo integral que se aplique desde el parto hasta la fase de producción (Wilcox et al., 1978; Araúz, 2008). No obstante, la función de las hormonas sigue siendo de prevalencia para restablecer la condición reproductiva efectiva de manera oportuna en la vaca lechera en producción.

Existen diversos productos alternativos cuyo contenido hormonal natural o sintético presentan una aplicación farmacológica que permite influir positivamente sobre el metabolismo y la biosíntesis glandular en especial sobre la pituitaria. Entre los productos más comunes de aplicación en la hembra bovina se encuentran la gonadorelina y la buserelina; los cuales poseen la actividad farmacológica de estimular las células acidófilas de la pituitaria para que produzcan la hormona folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH). Estas hormonas son esenciales para el restablecimiento funcional inicial de los ovarios ya que la primera estimula el crecimiento y desarrollo de los folículos y los óvulos y la segunda complementa la labor de la FSH y se centra en el acondicionamiento histológico ovárico para producir la ovulación y la luteinización (Senger, 1997; Nebel, 2006; Hampton et al., 2004).

La Buserelina es un análogo sintético cuya acción farmacológica se caracteriza por actuar como la hormona de liberación gonadotrópica (GnRH); lo cual produce un estímulo que persiste hasta por cuatro horas sobre la pituitaria; ejerciendo la síntesis y liberación de FSH y LH; lo cual no se produce en las vacas con limitación hipotalámica para producir GnRH propiamente. Esta suplementación hormonal con GnRH exógeno ocasiona que se produzca y libere la Hormona Folículo Estimulante (FSH) y Luteinizante (LH) a partir del empleo de la Buserelina (Laboratorios OVER, 2002). De esta manera es posible estimular la pituitaria, aun cuando el hipotálamo no ha alcanzado el estado metabólico para garantizar la producción inicial de GnRH que constituye un paso

crítico para restablecer el tronco reproductivo en la hembra bovina (Fricke, 1999).

Otra alternativa farmacológica es el empleo del acetato de gonadorelina, compuesto sintético identificado como decapeptido sintético de estructura bioquímica idéntica a la GnRH (Hormona de liberación gonadotrópica), la que una vez aplicada demora en forma íntegra unos 20 minutos, tiempo en el cual se produce un potente efecto estimulador sobre la adenohipófisis y otras regiones (glándula pineal, neurohipófisis, ovarios, hígado y riñones).

El efecto más importante se produce sobre la pituitaria en su lóbulo anterior; estimulando la producción y liberación de la hormona folículo estimulante y Luteinizante. Estas hormonas actuarán sobre los ovarios para estimular el crecimiento de los folículos en vacas con ovarios acíclicos o en anestría postparto propiamente (Laboratorios Pfizer, 2005). Otras alternativas hormonales para el manejo de la aciclia ovárica las constituyen el empleo de la progesterona y los estrógenos; no obstante, los estrógenos tienen sus limitaciones por bioseguridad alimentaria en el caso de su aplicación para vacas en producción.

En la actualidad, el empleo de los factores hormonales y nutreceptivos constituyen parte del programa de manejo reproductivo intensivo con especial aplicación en las fincas o empresas de producción lechera. Los principales

protocolos hormonales para el manejo reproductivo que se reconocen a nivel mundial son los siguientes:

**Protocolo I: Sincronización del celo y ovulación con GnRH/PGF2 $\alpha$  para IATF:**

Día	0	7	9	+ 8 a 24 horas
Producto	GnRH	PGF2 $\alpha$	GnRH	Inseminación

Fuente: Pfizer, 2005.

**Protocolo II: Sincronización con GnRH-CIDER/PGF2 $\alpha$ /GnRH para IATF:**

Día	0	7	9	+ 52 a 56 horas
Producto	GnRH CIDER	PGF2 $\alpha$ -CIDER	GnRH	Inseminación + GnRH

Fuente: Pfizer, 2007.

**Protocolo III: Sincronización con GnRH-CIDER/PGF2 $\alpha$ /GnRH para IACCD:**

Día	0	7	9	Celo detectado
Producto	GnRH CIDER	PGF2 $\alpha$ -CIDER	GnRH	Inseminación + GnRH

Fuente: Pfizer, 2007.

Los protocolos anteriores plantean el uso exclusivo de hormonas y parten del principio de que las vacas se encuentran en un buen estado nutricional durante la fase de producción. Sin embargo, no siempre esta circunstancia se prevé como limitante, aunque sí lo es; por lo que dichos protocolos se pueden ampliar

incluyendo el componente nutreútica dependiendo de las condiciones de la finca.

A continuación se presenta un protocolo auxiliar ampliado que incluye la parte nutreútica y hormonal para el manejo reproductivo intensivo de la vaca lechera en lactación:

**Protocolo IV: Sincronización con GnRH-CIDER/PGF2 $\alpha$ /GnRH:**

Día	-15 a -30	0	7	9	Celo detectado
Producto	Fósforo Orgánico Fosforilcolamina Selenio + Vit E Iodo Fe + Cu + Co + Zn Vitaminas AD <sub>3</sub> E	GnRH CIDER	PGF2 $\alpha$ -CIDER	GnRH	Inseminación + GnRH
Producto	Fósforo Orgánico Fosforilcolamina Selenio + Vit E Iodo Fe + Cu + Co + Zn Vitaminas AD <sub>3</sub> E	GnRH CIDER	PGF2 $\alpha$ -CIDER	GnRH	+ 52 a 56 horas Inseminación + GnRH
Producto	Fósforo Orgánico Fosforilcolamina Selenio + Vit E Iodo Fe + Cu + Co + Zn Vitaminas AD <sub>3</sub> E	GnRH	PGF2 $\alpha$	GnRH	+ 8 a + 24 horas Inseminación

Fuente: Pfizer, 2007 (protocolos hormonales) y Araúz, 2008 (nutreútica).

El mejor desempeño reproductivo que se puede alcanzar en vacas lecheras en lactación es aquel que combina la nutrición general, las enmiendas de nutrientes críticos y los factores hormonales esenciales para normalizar el funcionamiento ovárico; seguido de un manejo oportuno en la ejecución de la inseminación artificial (Nebel, 1997; Fricke, 1999; Araúz, 2008); minimizando las influencias negativas del medio ambiente, sobre todo cuando tenemos estrés calórico (Hansen y Arechiga, 1999; Jordán, 2003; West, 2004).

La fuente de GnRH puede obtenerse de diversos laboratorios con distintos nombres comerciales; tales como: Gestar (Laboratorios Over de Argentina), GnRH (Laboratorios Sanfer de México), Ovalyse (Laboratorios Pfizer de Alemania), Gonadorelina (Laboratorios Sanofi de USA) y Conceptal (Laboratorio Intervet de México).

Las prostaglandinas  $PGF_2\alpha$  constituyen el otro componente esencial como parte de los protocolos de programación para la inseminación y la ovulación; tanto en las vacas que pueden presentar celo visible como en aquellas que se tratan para una inseminación programada a tiempo fijo. La función de la prostaglandina es la destrucción del cuerpo lúteo para permitir que la onda estimuladora para el desarrollo folicular se desencadene si hay una programación para la inseminación a tiempo fijo; o bien para efectuar el servicio con el celo visible entre el segundo y tercer día después de la aplicación. Las prostaglandinas luteolíticas son para hormonas que entre sus efectos ejercen la destrucción de

las células luteales funcionales en el ovario (Hafez, 1986) para iniciar una nueva onda de desarrollo folicular en principio.

#### **9. Efectos de la condición corporal y el balance energético negativo sobre la reproducción en la hembra bovina.**

Estudios realizados por Sanz et al., (2003) mostraron que el nivel de alimentación preparto, reflejado por la variación de peso y por la condición corporal al parto, es el principal factor de manejo asociado con la duración del anestro postparto de las vacas nodrizas (ganado de explotaciones o sistemas extensivos en el norte de la península de España). En este mismo trabajo se señala que la pérdida de peso preparto y la condición corporal al parto baja estuvieron asociadas a largos períodos de anestro postparto. Henao (2001) indica que las vacas con mejor condición corporal reanudan más temprano el ciclo estral postparto; no obstante, cuando la pérdida de condición corporal en el periodo postparto es severa (pérdida de más de un punto de condición corporal), aumentan los días a la primera ovulación, los días al primer estro, el número de servicios por concepción y por lo tanto los días abiertos; mientras que pérdidas inferiores a un punto de condición corporal no parecen afectar significativamente a los parámetros reproductivos. También se ha indicado que no es la condición corporal del momento, sino la magnitud de su pérdida lo que afecta a la función reproductiva. En consecuencia, se recomienda que el animal no pierda más de un punto de condición corporal en el período postparto (Bach, 2001). Se ha

indicado que en ganado cebú y cebú x europeo mantenido en pastoreo en clima seco, el porcentaje de gestación se afecta significativamente: En virtud de lo anterior, la condición corporal mínima requerida al parto es de 3.0 (escala 1 a 5), con criterios que van de 2.5, 3.0 y 3.5 (Esperón, 2000).

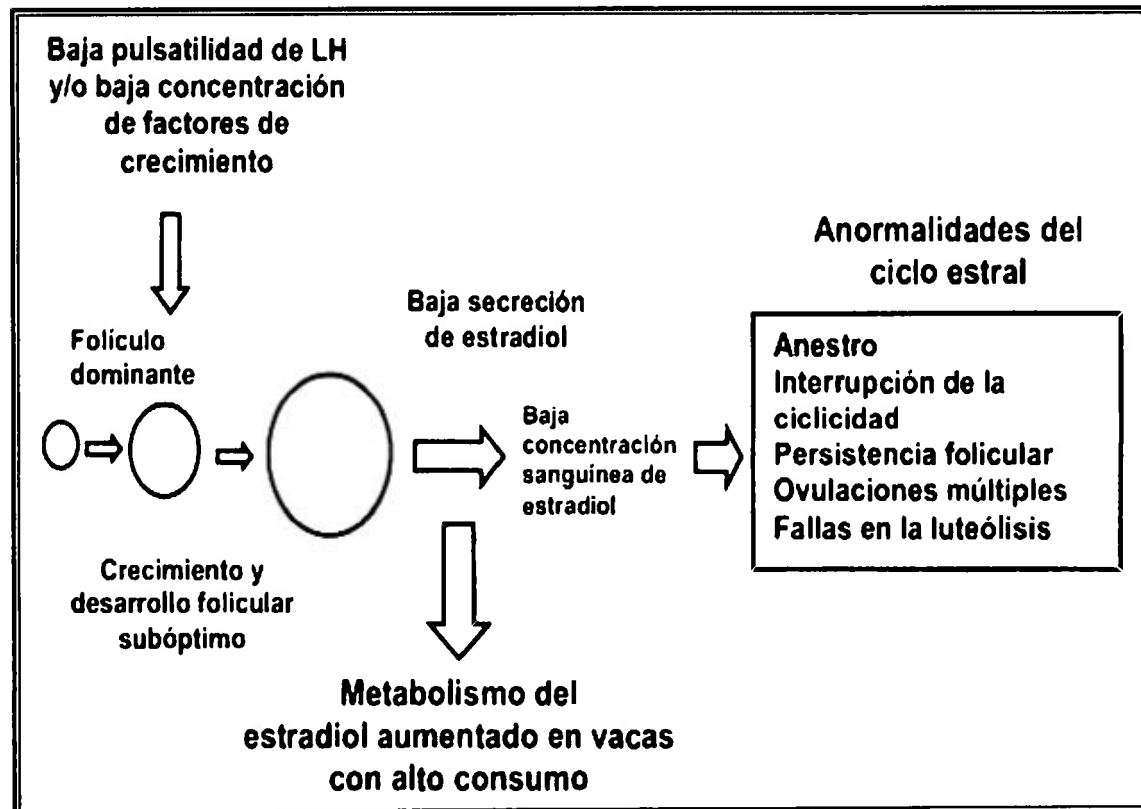
La condición corporal es utilizada como un indicador del balance energético (Bach, 2001). El mismo se define como la diferencia entre el consumo de energía de un animal y la energía requerida para el mantenimiento y la secreción de leche. Las vacas lecheras desarrollan un balance energético negativo (BEN) al iniciar la lactancia debido a que la máxima producción se da antes de alcanzar la máxima capacidad de consumo (Henaó, 2001). Las vacas que caen en severos balances energéticos negativos pierden más condición corporal y tardan más en ovular. Además, el inicio de la actividad ovárica posparto está correlacionado positivamente con un incremento de la fertilidad y por cada día de retraso a la primera ovulación se ha observado un aumento de 0.24 y 0.41 días abiertos (Hernández, 2008).

Los animales en BEN presentan niveles sanguíneos elevados de la hormona de crecimiento (GH) y ácidos grasos no esterificados, y niveles sanguíneos bajos del factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 (IGF-1), insulina y glucosa. Esta situación reconocida como mecanismo de regulación homeorrética encargada de distribuir la energía disponible hacia las distintas funciones metabólicas, establece la prioridad en la utilización de nutrientes hacia la producción por encima de la función reproductiva (Bach, 2001). En cuanto a la

baja disponibilidad de glucosa e insulina; éstas afectan la secreción pulsátil de LH o disminuyen la sensibilidad del ovario a las gonadotropinas (Butler and Smith, 1989).

Lucy (2003), señala que la mayor incidencia de anestro, los ciclos estrales anormales y los mellizos comparten un mismo mecanismo que es mediado por la LH (Figura I). En consecuencia, el incremento en el anestro es causado por una disminución en la pulsatividad de LH que es secundaria al BEN en vacas lecheras.

**Figura XIV.** Mecanismos asociados con la pobre secreción de LH y crecimiento folicular subóptimo durante el ciclo estral y anomalías ováricas.



Fuente: Lucy, 2008.

Las fases tempranas de la luteólisis son iniciadas por el estradiol. Las fases luteales alargadas en vacas lecheras seleccionadas por alta producción, pueden ser causadas por folículos dominantes que están comprometidos en su desarrollo y producen insuficiente cantidad de estradiol para iniciar la cascada luteolítica. La interrupción de los ciclos estrales puede ser causada por un mecanismo similar al mediado por el estradiol, en el cual los folículos dominantes no son capaces de producir suficiente estradiol para estimular el pico ovulatorio de LH (Lucy, 2008).

Se ha señalado que después del parto el ovario contiene folículos en el estadio preantral dependientes de la concentración y la secreción pulsátil de LH; la cual disminuye en las vacas con BEN después del parto y en consecuencia, los folículos en desarrollo no evolucionan y se atresian (Bach, 2001; Henao, 2001; Lucy, 2008). Esta disminución de LH es consecuencia de una disminución en la secreción de GnRH; mientras que la disminución de GnRH está, en parte, inducida por la leptina (Bach, 2001). La leptina es una hormona secretada por el tejido adiposo que controla el engrasamiento corporal y, además, regula funciones metabólicas como la ingestión y la reproducción (Bach, 2001; Febres, 2002). Esta hormona se encarga de modular la cantidad de aportes energéticos presentes en las reservas corporales que se dirigen a las funciones reproductivas y estimula la secreción de GnRH a nivel hipotalámico. La concentración de la leptina está en función de la proporción de la grasa corporal; es decir, a mayor proporción de grasa corporal mayor concentración de leptina.

De allí la importancia de establecer programas nutricionales que aseguren que los niveles de grasa corporal durante el parto no sean elevados ya que reducen la ingestión de alimentos y ni demasiados bajos dado que no se secreta suficiente leptina para permitir una buena función reproductiva, (Bach, 2001; Henao, 2001).

Otro mecanismo por el que el BEN puede empeorar la eficiencia reproductiva es la baja concentración de insulina en la sangre. Las vacas en BEN tienen una menor concentración tanto de insulina como de IGF-1. Estas hormonas tienen influencia en la secreción de GnRH y LH (Lucy, 2008). La insulina es una hormona que se encarga de mantener la glucemia y, además, participa en la estimulación de la secreción de FSH (Bach, 2001), la secreción pulsátil de LH (Butler and Smith, 1989) y la secreción de progesterona en el cuerpo lúteo. Las vacas con niveles bajos de insulina en la sangre pueden presentar bajas concentraciones de progesterona. Esta situación es considerada como una de las causas más comunes de los fracasos reproductivos en el ganado lechero (Bach, 2001).

El IGF-1 es una hormona anabólica responsable por la deposición de huesos, músculos en los órganos y otros tejidos; la cual evita el efecto negativo de algunas sustancias tóxicas para los embriones, presentes en el medio uterino. Se ha observado que existe una relación lineal entre el IGF-1 y el peso corporal (Hernández, 2000; Febres, 2002).

El descenso de la IGF-1 durante el postparto es probablemente el causante del aumento de la secreción de la hormona de crecimiento (BST) durante el principio de la lactación, debido a que la IGF-1 es un potente inhibidor de la producción de BST en el hígado. Aunque la BST no es una hormona esencial para la reproducción, los animales que carecen de receptores para la BST tienen una eficiencia reproductiva inferior. La hormona BST participa a través del factor de crecimiento epidérmico estimulando IGF en el reclutamiento de los folículos. Una deficiencia en la secreción de IGF-1 o de sus receptores resulta en un desarrollo lento y anormal de los folículos que nunca llegan a ovular (Bach, 2001; Febres, 2002).

Durante el postparto, tanto la LH como la IGF-1 aumentan cuando el estado nutricional de los animales mejora. En resumen, es difícil concluir que la IGF-1 o la LH solas ejerzan un efecto directo en forma positiva en la reproducción; sin embargo, se recomienda minimizar el descenso de la insulina después del parto, para estimular el crecimiento folicular y aumentar la concentración de progesterona en cuyos casos están involucrados la hormona somatotrópica y el factor hormonal de crecimiento bST e IGF-1 (Bach, 2001).

#### **10. Efectos de las proteínas sobre la reproducción en la hembra bovina.**

El desarrollo folicular requiere niveles adecuados de proteínas. En un estudio se observó una disminución de 29% en la manifestación del estro así como un retraso en la aparición del estro cuando se comparó una ración con 7.7% de

proteína vs una de 22.5%. En el mismo estudio los investigadores encontraron que la ración con bajo contenido de proteína mostró una reducción del índice de concepción al primer servicio con respecto a la ración con alto contenido de proteína, equivalente a un 25 y 72% de concepción, respectivamente. Otros investigadores han indicado que raciones con niveles insuficientes de proteína se han asociado con la muerte embrionaria temprana (Bach, 2001).

Por otro lado, el incremento del potencial genético para producir leche exige mayores requerimientos nutricionales durante la lactancia (NRC, 1989, 2001), los cuales se han complementado con alimentos concentrados con un alto contenido proteico. Sin embargo, el consumo elevado de proteína puede incrementar la producción de amoniaco en el rumen, la cual es convertida en urea, produciendo mayores niveles de urea en la sangre y mayor gasto energético para desintoxicar al hígado del exceso de  $\text{NH}_3$ ; lo cual afecta negativamente el desempeño reproductivo (Howard et al., 1983; Henao, 2001).

En condiciones de campo es conveniente realizar mediciones de las concentraciones de urea en la sangre o en la leche, lo que permite evaluar las dietas. Las concentraciones sanguíneas de urea mayores de 20 mg/dl se asocian con baja fertilidad (Hernández, 2000). El consumo extra de 1 gramo de nitrógeno (N) está asociado con una pérdida de energía equivalente a 5.5 Kcal/g de N, la cual se debe a la deaminación de los aminoácidos. Los altos niveles de amoniaco en vacas alimentadas con altos niveles de proteína en la dieta, podrían originarse de una alta tasa de deaminación de la proteína, una elevada

tasa de reciclado de la urea o ambas (Arieli et al., 2004). Es preciso anexar, que un correcto desarrollo folicular requiere niveles adecuados de proteína.

Los investigadores encontraron que al suministrar una ración con 21% de proteína y compararla con otra de 17%; en la primera se redujo el índice de concepción y aumentó el intervalo entre el parto y la primera ovulación en las vacas con cuatro o más lactaciones. Estos estudios originaron la creencia de que las raciones con altos aportes de proteína, ocasionan problemas reproductivos debido a aumentos en las concentraciones de amoníaco y urea o por el incremento de un balance energético negativo (Bach, 2001).

Otros investigadores han asociado la reducción en el desempeño reproductivo de las vacas lecheras más viejas con dietas altas en proteína a las mayores pérdidas de peso corporal (40 kg, aproximadamente) en comparación con las vacas más jóvenes (27 kg, aproximadamente). En este sentido, en un estudio se reportó que al suministrar dietas con 20% y 15% de proteína a las vacas lecheras, se indujo 14.7% y 7.9% de pérdida de peso corporal, respectivamente. (Howard et al., 1987).

Los posibles efectos negativos de los excesivos niveles de proteína en las raciones sobre la reproducción han sido asociados a cambios en el ambiente uterino, debido a que altos niveles proteicos no afectan los días a la primera ovulación, ni los niveles de LH; ya que el efecto de la urea o amoníaco a nivel

uterino sobre la reproducción posiblemente está más ligado a la función hormonal que al efecto tóxico directo de estos componentes sobre el embrión.

En este sentido, un grupo de investigadores demostró *in vitro* que la presencia de urea a nivel uterino impedía el mantenimiento del gradiente de pH existente entre las células apicales y basales de la pared uterina. Este gradiente de pH está directamente inducido por la progesterona (Bach, 2001). Consecuentemente, los investigadores señalan que en presencia de urea la progesterona no es capaz de mantener el gradiente de pH; lo cual produce un aumento de la secreción de  $\text{PGF}_{2\alpha}$ , que afecta negativamente tanto el desarrollo como la supervivencia del embrión. Además, se ha señalado que altas concentraciones de urea pueden inhibir la unión de la LH con sus receptores luteales, lo que induce una disminución de la producción de progesterona (Bach, 2001; Henao, 2001).

Por otro lado, existe evidencia de que la concentración de urea en el líquido folicular es un factor muy importante en la desestabilización de la meiosis de los oocitos y de su fertilidad. Por lo tanto, las estrategias nutricionales que sirven para disminuir las concentraciones de urea en sangre unos días antes y durante la inseminación de la vaca deben mejorar la fertilidad. Estas estrategias nutricionales incluyen minimizar la cantidad de proteína ingerida y maximizar el balance de aminoácidos aportados al animal. Disminuciones abruptas del contenido proteico justo antes de la inseminación no son aconsejables, ya que el

animal usará sus reservas corporales para cubrir las necesidades de aminoácidos esenciales con una consecuente producción de urea (Bach, 2001).

En conclusión, aparentemente no existen necesidades obvias de incrementar los niveles de proteína cruda en la dieta de las vacas en estrés calórico y; por ende, el ahorro energético debido a la disminución en el suministro de proteína, puede favorecer el mejoramiento de las reservas corporales (Arieli et al., 2004).

#### **11. Relación del estrés calórico con la reproducción y la fertilidad en la hembra bovina.**

Diversos estudios indican que la condición micro ambiental caracterizada como zona de tensión calórica puede afectar negativamente los procesos reproductivos y la fertilidad en el ganado lechero; esto incluye alteración en: la duración e intensidad del estro, la tasa de concepción, la función uterina, el estatus endocrino, el desarrollo y crecimiento folicular, los mecanismos luteolíticos, el desarrollo embrionario temprano y el crecimiento fetal (Jordan, 2003; Araúz, 2008).

Pueden influir sobre el grado de estrés calórico factores climáticos como la temperatura, la humedad, la radiación y el viento (Jordan, 2003). En consecuencia, en el ambiente tropical las temperaturas elevadas, la humedad alta y la radiación intensa; pueden afectar negativamente la capacidad de los bovinos de disipar calor (Esperón, 2000).

Los estudios indican que al evaluar la relación entre la temperatura ambiente y la temperatura corporal, el estrés calórico inicia entre los 25 y 26°C de temperatura ambiente (Jordan, 2003). El Índice Temperatura Humedad (ITH) para bovinos ha sido utilizado como un indicador del estrés calórico, combinando la contribución de la carga calórica ambiental y el aporte de la humedad relativa como factores antagónicos del proceso de disipación calórica activa (Araúz, 2008; Araúz et al., 2010). En bovinos, cuando el ITH  $\geq 72$  es indicador de Estrés Calórico Efectivo, lo cual resulta en una menor cantidad de vacas en estro y en una baja tasa de concepción (Jordan, 2003; Araúz, 2008).

El incremento en el nivel de producción de leche hace que el efecto negativo del estrés calórico sobre los procesos reproductivos sea más agudo (Hernández, 2000; Jordan, 2003). En este sentido, en una investigación se encontró que la disminución en la fertilidad causada por el estrés calórico fue exacerbada por el incremento en el nivel de producción de leche; reportándose tasas de concepción a 90 días postparto en vacas agrupadas de acuerdo con su rendimiento de leche de 44.9% para el grupo que presentó un rendimiento inferior a 4536 kg de leche; de 13.5% para el grupo cuyo rendimiento fue entre 4536 y 9072 kg y de 5.3% para el grupo que superó los 9072 kg (Jordan, 2003). En 1944, la población total de vacas lecheras en Estados Unidos era de 25.6 millones con una producción total de leche de 53.0 billones de kg; no obstante, para el 2007 el hato lechero se redujo a sólo 9.2 millones de vacas, con una

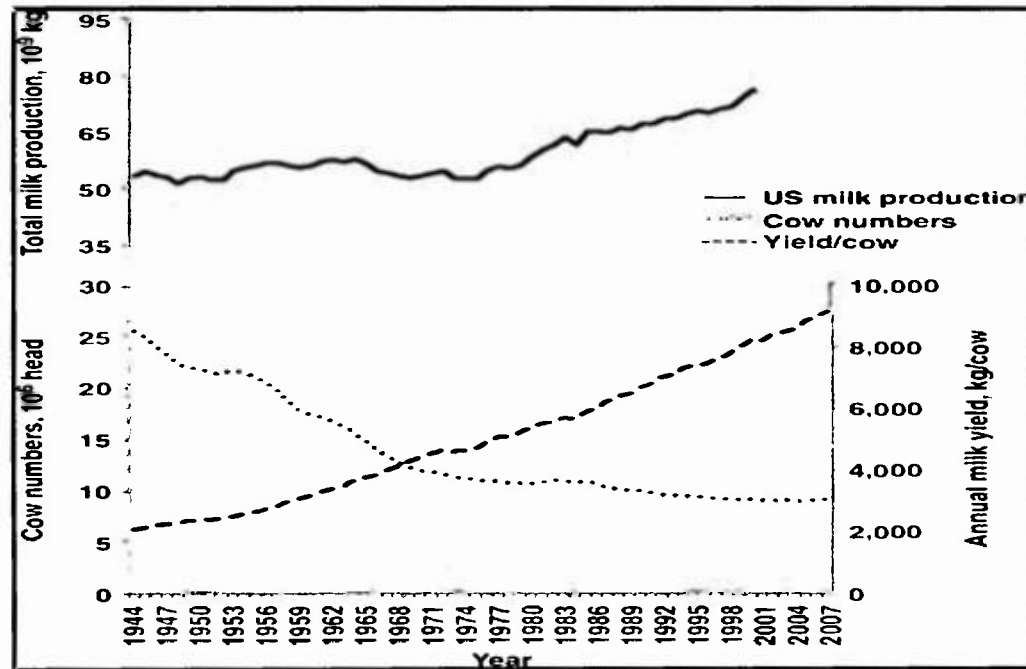
producción anual de leche de 84.2 billones de kg; como se muestra en la Gráfica I descrita por Capper et al., (2007).

Se admite que en los últimos 50 años se ha logrado incrementar la producción de leche por lactancia de 2440 a 8550 kg, lo que ha resultado en un cambio productivo de +6150 kg (Araúz, 2008). Este aumento en la producción repercute en una mayor generación de calor metabólico, el cual se asocia con el incremento del peso vivo de las vacas lecheras. De esta forma vacas más grandes tienen un mayor aparato digestivo, lo que les permite consumir y digerir más alimento. Consecuentemente, el calor que se genera durante el metabolismo puede utilizarse para mantener la temperatura corporal en climas fríos; mientras que en climas cálidos se debe eliminar para mantener la temperatura corporal dentro del rango normal. Sin embargo, la capacidad de termorregulación de la vaca lechera es insuficiente y origina un incremento de la temperatura corporal (Hernández, 2000).

Las vacas en estrés calórico alcanzan entre 39.5 a 41°C de temperatura corporal; lo cual afecta, en primer lugar, la función celular. Es evidente que el aumento de la temperatura corporal produce efectos negativos en la reproducción (Hernández, 2000). Se ha indicado que la temperatura ambiental afecta la tasa de concepción durante la lactancia (Britt, 1985). En un estudio las vacas que alcanzaron 40°C de temperatura rectal por exposición a 32.2°C de

temperatura ambiente durante 72 horas después de la inseminación artificial presentaron una tasa de concepción de 0% (Jordan, 2003).

**Gráfica I:** Cambio en la producción total de leche, número de vacas y rendimiento de leche por vaca en Estados Unidos entre 1944 y 2007.

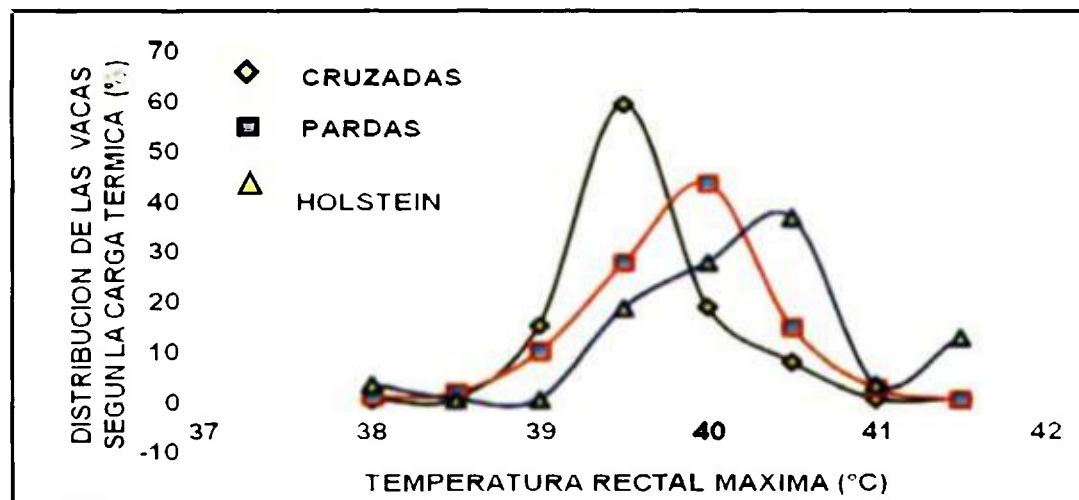


Fuente: Capper et al., (2007).

La temperatura rectal y la carga calórica fueron evaluadas en un grupo de vacas en lactación agrupadas de acuerdo a su grupo racial (6/8 Pardo Suizo x 2/8 Cebú y 6/8 Holstein x 2/8 Cebú; Pardo Suizo; y Holstein); bajo estrés calórico diurno durante la época seca distribuidas entre 45 y 1064 msnm; con el objetivo de establecer la alteración diurna y su interrelación según el grupo genético y el grado de sensibilidad calórica.

Las vacas de las razas Holstein y Pardo Suizo presentaron la mayor producción de leche y peso corporal; y por ende mostraron la mayor temperatura rectal (ver gráfica II) y el mayor grado de perturbación metabólico según el estado térmico momento; evidenciando la mayor sensibilidad ante el estrés calórico moderado en el clima tropical durante la fase diurna en la época seca (Araúz et al., 2010).

Gráfica II. Influencia del grupo racial sobre la distribución proporcional de las vacas en lactación bajo estrés calórico diurno moderado según la temperatura rectal máxima y la sensibilidad calórica en la época seca.



Fuente: Araúz et al., 2010

En general, el estrés calórico generado entre los 25 y 40 °C afecta la actividad glandular de la vaca, la actividad ovárica, la calidad del óvulo, la efectividad reproductiva de la hembra y la eficiencia del manejo reproductivo (Araúz, 2008). De allí que, en el ambiente tropical, se recomienda proporcionar a los animales

espacios de sombra natural y agua fresca (ver figura XIV) que ayuden a reducir el efecto adverso del clima tropical sobre el comportamiento (Esperón, 2000).

**Figura XV:** El ambiente tropical sobre el comportamiento animal.

Sombra efectiva para animales.



Fuente: Araúz et al., 2010.

Sombra dispersa.



Fuente: Araúz et al., 2010.

Sombra Natural y Agua.



Fuente: Araúz et al., 2010.

## 12. Efectos del estrés calórico sobre el consumo de alimento y los requerimientos nutricionales en la vaca lechera

El comprometimiento del medio térmico interno en los animales homeotermos se encuentra centrado en la condición de estrés calórico lo que en esencia corresponde al producto del desbalance entre las pérdidas calóricas pasivas (Curtis, 1981), las pérdidas calóricas activas (Yousef, 1985), la producción calórica corporal (Araúz et al. 2010) y con ello se altera el contenido corporal en un determinado momento (West, 2004). La alteración de la carga calórica corporal se desprende de la siguiente relación térmica relaciona el medio interno con el externo, pero que se sustenta en la influencia del proceso termogénico y en la tendencia homocinética y homeostática para mantener la densidad calórica corporal entre el rango normotérmico propio de los animales homeotermos, aun cuando el metabolismo haya aumentado producto de la selección intensiva con énfasis en la capacidad de producción; determinando la condición hipermetabólica:

$$A + B = C + D + E + \Delta \text{ } ^\circ\text{C}$$

A = Producción calórica genérica corporal

B= Ganancia calórica corporal exógena

C = Pérdidas calóricas pasivas

D= Pérdidas calóricas activas

E = Pérdidas calóricas especiales

$\Delta$  Es el cambio de la temperatura corporal

En términos fisiológicos, el estrés calórico modifica el funcionamiento metabólico, respiratorio, circulatorio y glandular de los animales domésticos; particularmente en los rumiantes como la vaca, cabra, oveja y otros (Araúz, 1990). No obstante, los efectos de mayor costo por sus implicaciones en la producción animal son aquellos que afectan la conducta alimentaria y el desenvolvimiento del animal y en especial la influencia negativa sobre el consumo de alimento, el desempeño reproductivo, la producción y la salud (Badinga y Collier, 1978; Araúz, 2006).

En producción bovina, el estrés calórico tiene una gran influencia sobre la economía de la producción de leche y carne. Actualmente, se tienen cifras sobre los márgenes de las pérdidas en la producción animal. ST-Pierre et al., (2003) encontraron que la reducción en el consumo de materia seca en la vaca de leche estaba relacionada con la siguiente expresión:

$$\text{RCMS} = 0.0345 \times (\text{THI máximo} - \text{THI límite inicio de estrés})^2 \times D$$

Donde D es la proporción del día en el cual el THI es superior al THI para el inicio del estrés calórico propiamente.

Por otro lado, la reducción en la producción de leche también es definida si conocemos el ITH máximo (ITHmax) y el ITH donde inicia el estrés calórico en el ganado bovino; por lo cual se indica como:

$$\text{RMP} = 0.0695 \times (\text{ITHmax} - \text{ITH inicio de estrés})^2 \times D.$$

Otros indicadores también han sido descritos tales como los efectos en la tasa de preñez, la tasa de descarte, las pérdidas por periodo abierto y la tasa de mortalidad. Sin embargo, uno de los aspectos más importantes del estrés calórico es cuantificar como éste afecta el consumo de materia seca, las necesidades nutricionales y la eficiencia lactacional y la producción de leche propiamente. Por otro lado, se suman a estos, las implicaciones directas e indirectas sobre la reproducción durante la fase lactacional; las cuales también tiene un significado económico (West, 2004).

#### **12.1. Estrés calórico, implicaciones nutricionales, consumo de materia seca y ajustes afines**

Se ha establecido que el consumo de materia seca disminuye con el aumento de la temperatura ambiental y en consecuencia al disminuir el consumo de nutrientes se afectan los procesos digestivos y la disponibilidad de nutrientes para la producción de leche (McDowell, 1981; Collier, 1985).

Las implicaciones nutricionales del estrés calórico han sido resumidas por Araúz (2006) y señalan los siguientes parámetros de índole negativa para la vaca de leche y otros animales afines:

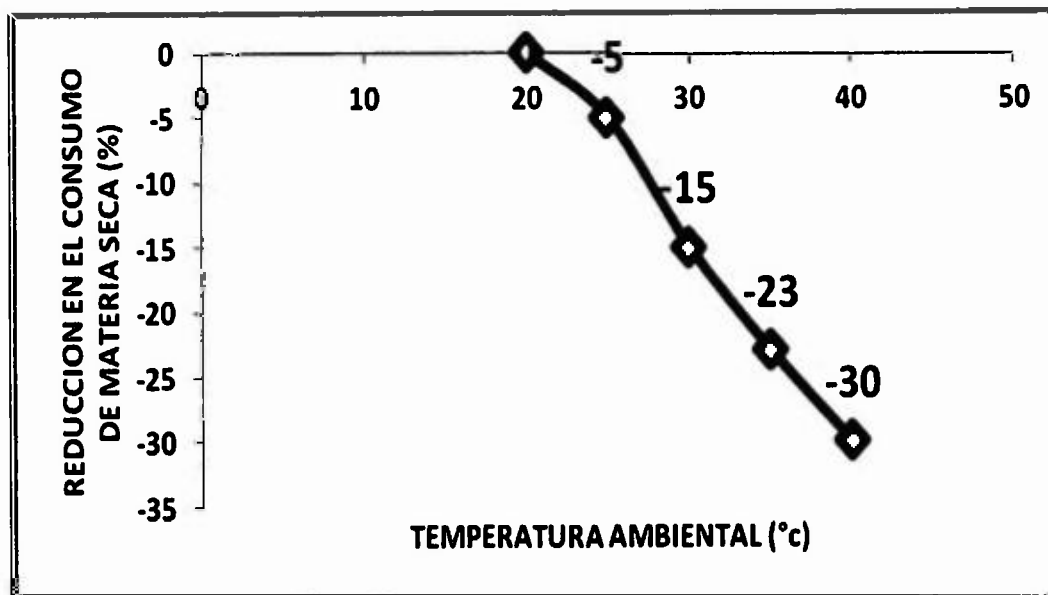
1. Reduce el consumo de materia seca.
2. Altera el consumo de agua y el balance electrolítico.
3. Reduce la eficiencia del proceso de la digestión y absorción.
4. Incrementa el costo energético para el mantenimiento corporal.

5. Reduce la disponibilidad de energía para producción de leche.
6. Reduce el pastoreo y el consumo de forraje verde.
7. Altera la composición de la materia seca en la dieta.
8. Disminuye la ingesta de proteína, minerales y vitaminas.
9. Altera el medio ruminal (pH, bacterias, AGV, iones, aas).
10. Disminuye el bicarbonato sódico salival.
11. Reduce las reservas hepáticas de vitaminas y minerales.
12. Altera la motilidad gastrointestinal y la defecación.
13. Disminuye la rumia y la actividad bacteriana.
14. Reduce la producción de ácidos grasos volátiles.
15. Reduce la degradación y síntesis de proteína ruminal.
16. Afecta el reflujo ruminal y el tránsito gastrointestinal.
17. Incrementa la pérdida de agua y electrolitos.
18. Disminuye la habilitación de los carbohidratos estructurales

El consumo de materia seca es disminuido conforme la temperatura ambiental supera los 20°C como se ilustra en la gráfica III. Estas reducciones puede variar con la raza y el potencial lechero; sin embargo, la tendencia clásica es que la vaca lechera en lactación hará un ajuste en consumir menos materia seca a medida que la temperatura ambiental supera pos 24°C que representa el límite máximo con el mínimo estrés calórico propiamente. Al aumentar la temperatura ambiental de 20 a 25, 30, 35 ya 40°C la vaca de leche reduce el consumo de

materia seca en 5, 15, 23 y 30%; por lo cual también se reducen la ingesta de nutrientes, lo que a su vez impacta negativamente la producción de leche.

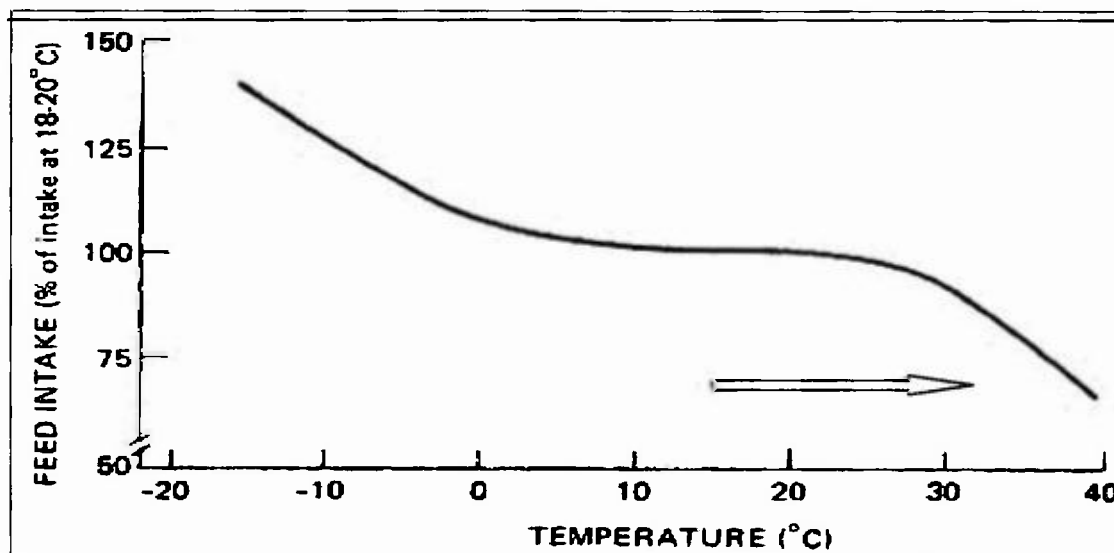
**Gráfica III:** Trayectoria del consumo de materia seca relativo según la temperatura ambiental en la vaca de leche.



Fuente: McDowell, 1981.

La tendencia en reducir el consumo de materia seca en la vaca de leche es sostenida con el aumento de la carga calórica ambiental como puede verse en la grafica IV, descrita por McDowell (1981); lo cual es parte de los mecanismos homeostáticos y térmicos corporales.

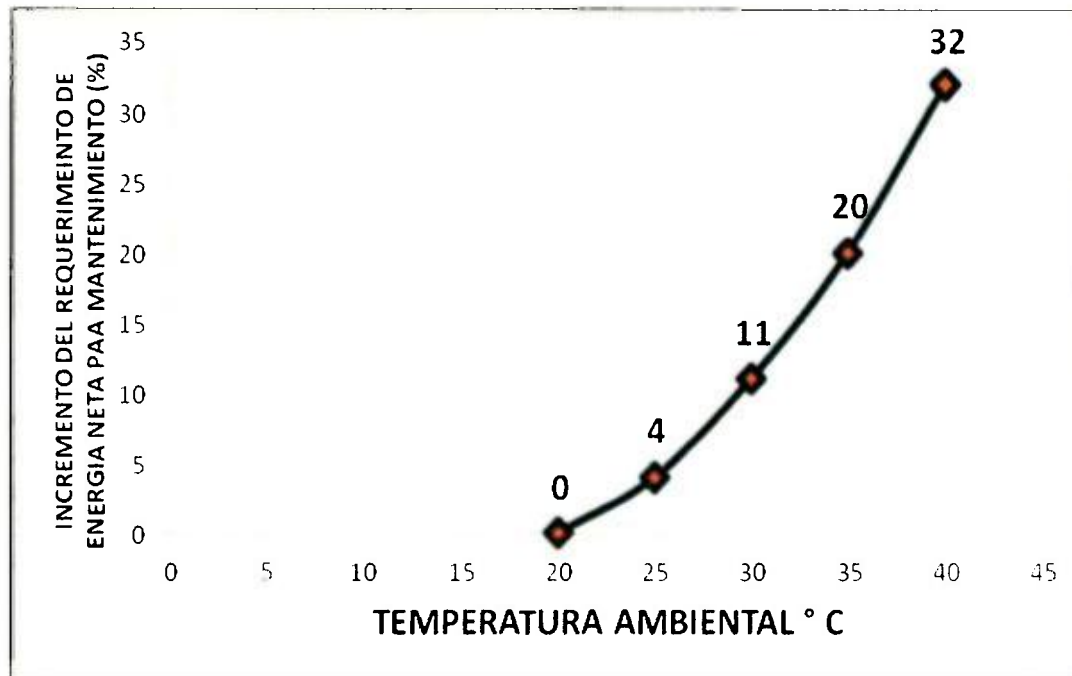
**Gráfica IV:** Tendencia general del consumo de materia seca según la temperatura ambiental en la vaca de leche.



## 12.2. Estrés calórico y requerimientos de energía para el mantenimiento corporal

El consejo de investigación de los Estados Unidos ha acogido las investigaciones de McDowell (1981); donde se indica que la exposición al estrés calórico tiene una consecuencia en el aumento de los requerimientos de energía para el mantenimiento corporal propiamente. La reducción es también determinada por el potencial lechero de la vaca y su estado lactacional (Yousef, 1985); sin embargo, el factor más impactante es la temperatura propiamente como se ilustra en la gráfica V a continuación.

**Gráfica V:** Trayectoria del requerimiento de energía neta lactacional para el mantenimiento corporal según la temperatura ambiental.



Fuente: Adaptado por Araúz (2011) según datos de McDowell (1981).

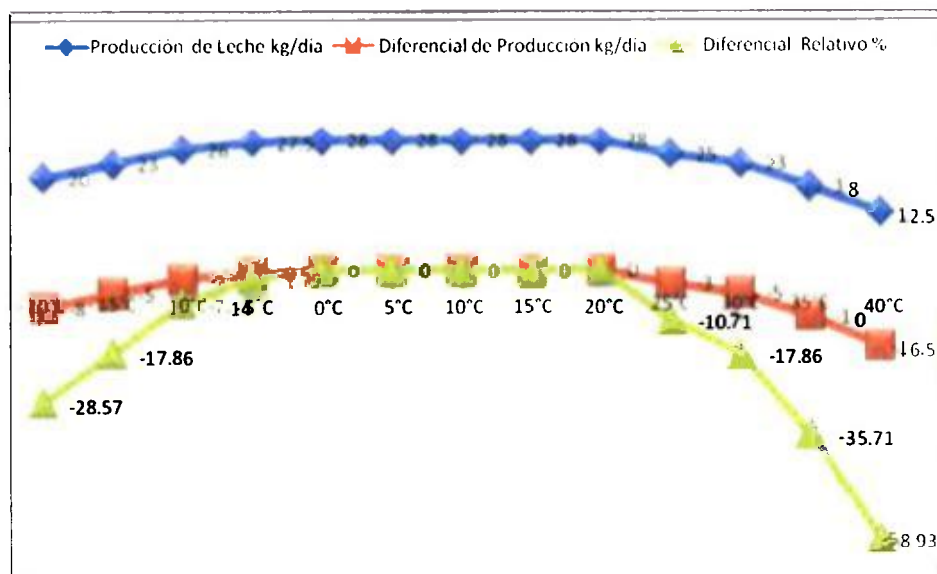
La tasa de aumento en el requerimiento de energía se encuentra relacionado con las necesidades extras por el esfuerzo sistémico y metabólico para recuperar la normotermia; aunque el derivado más relevante es el incremento de densidad calórica corporal dado el estado de la hipertermia (Araúz et al., 2010).

### 12.3. El Estrés calórico y la producción de leche

Esta es la mayor de las consecuencias del estrés calórico en la ganadería de leche y en consecuencia lo importante es partir de cuál es la temperatura a la cual se exponen las vacas y en segundo lugar cual es el potencial de los

animales al momento de ser impactados por el estrés calórico. Los estudios y reportes entre 1940 y 1970 indican que la tasa de reducción láctea puede alcanzar hasta el 58% de la capacidad de producción en condiciones normotérmicas (McDowell, 1981; NRC, 1981). Sin embargo, si la temperatura se aproxima al grado de casi letal, la producción de leche puede reducirse hasta en 100% como parte de los mecanismos de protección y compensación (Curtis, 1981; West, 2004).

**Gráfica VI:** Tendencia de la producción de leche según la temperatura ambiental en la vaca de leche



Fuente: Adaptado por Araúz (2006) según datos de McDowell (1981).

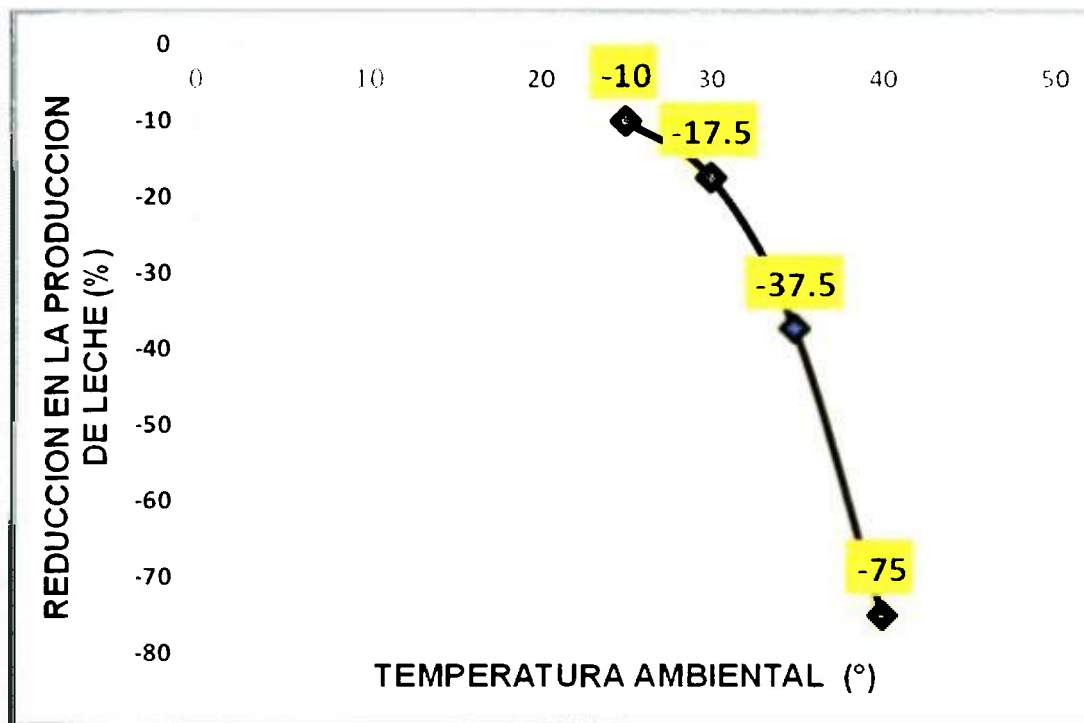
La reducción en la producción de leche debe entenderse como la consecuencia en la reducción del consumo de materia seca (McGuire et al., 1991; West, 2003), la alteración en el balance hídrico (Yousef, 1985), los ajustes cardiovasculares y

sistémicos (Bianca, 1973), la disminución del flujo sanguíneo a la ubre (Collier y Badinga, 1995), la alteración del perfil hormonal y la reacción adrenérgica de defensa (Curtis, 1981), la alteración de la carga calórica corporal producto del estado hipertérmico (Arauz, 2010) y debido a la disminución del flujo de nutrientes al sistema mamario (McGuire et al., 1989).

Otros estudios indican que la producción de leche puede reducirse hasta en 75%; aunque la condición racial es determinante ya que hay diversos grados de tolerancia calórica. Según la NRC (1989), la producción de leche puede reducirse hasta el 75% cuando la temperatura ambiental de bulbo seco alcance hasta 40°C (ver gráfica VII). Las razas Holstein y Pardo Suizo son las de mayor sensibilidad calórica por su gran capacidad de aislamiento corporal y por su tasa de síntesis láctea, al cual genera un incremento adicional en el metabolismo lactacional (Araúz, et al., 2010).

La reducción en la producción de leche depende de la raza y del grado del estrés calórico según el ITH (St-Pierre et al., 2003). No obstante, puede considerarse la influencia de otros factores ambientales; tales como: humedad relativa, radiación solar directa, el complejo ITH (Curtis, 1981; Araúz, 2006) y el nuevo índice temperatura – humedad relativa – radiación solar directa – velocidad del viento (ITHRSDVV) según Mader et al., 2006.

**Grafica VII:** Reducción de la producción láctea según la temperatura ambiental en la vaca de leche.



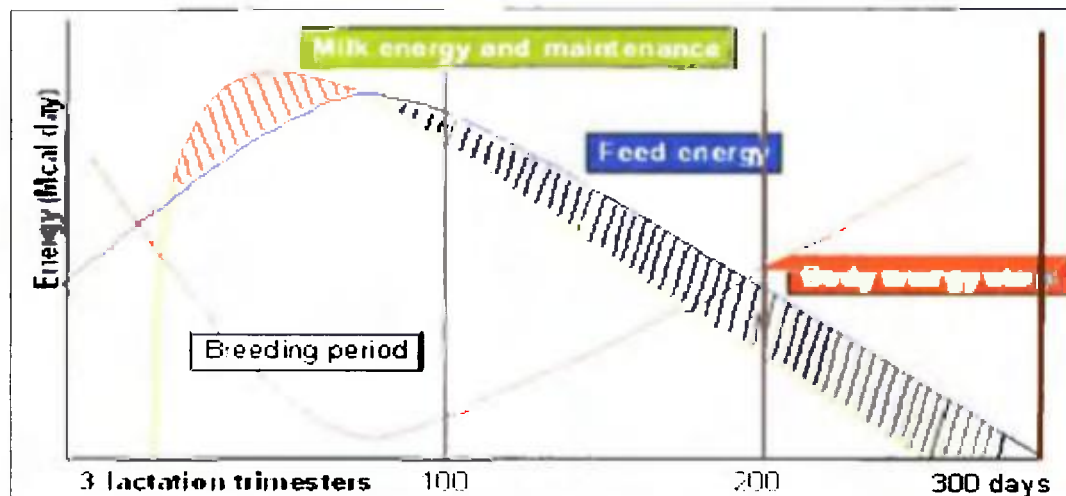
Fuente: Adaptado por Araúz (2010) según datos de McDowell (1981)

El principio básico del impacto del estrés calórico sobre la producción de leche es que los cambios que se originan se encuentran correlacionados con las alteraciones del perfil biolactacional, nutricional y metabólico de la vaca de leche en condiciones normotérmicas; de acuerdo con la tendencia postparto del consumo de materia seca, de la curva de lactación y de la recuperación de las reservas corporales como se ilustra en la gráfica VIII.

El agua es esencial para la vaca de leche por su necesidad para el funcionamiento metabólico, la producción de leche, el desarrollo de los procesos

de la digestión, absorción y excreción (Kolb, 1974). No obstante, cuando la vaca se expone al estrés calórico, el agua es esencial para desarrollar los procesos de la disipación calórica activa; como son la sudoración y respiración (Curtis, 1981; Yousef, 1985).

**Gráfica VIII:** Perfil biolactacional y metabólico de la vaca lechera en lactación



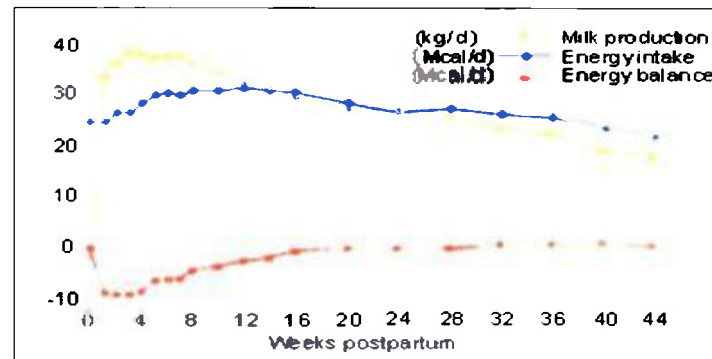
Fuente: Mephram (1983), Larson (1985), Collier (1985) y NRC (2001).

#### 12.4. Estrés calórico y consumo de agua

En la fase de los primeros 100 días después del parto la naturaleza del balance energético de la vaca implica la existencia de un balance negativo de energía como se ilustra en la gráfica IX, lo que al mismo tiempo requiere poner a la disposición del sistema mamario las reservas de energía, proteína, minerales, vitaminas e incluso de agua corporal. En consecuencia, el consumo de esta

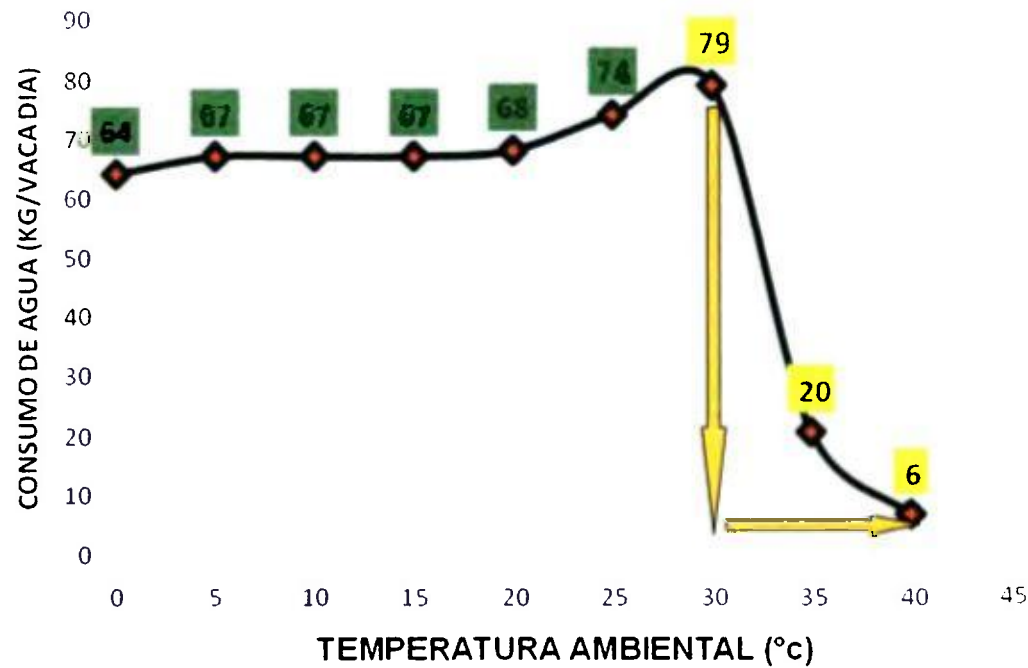
sufre un incremento antes de que se establezca el máximo de la capacidad de consumo de la materia seca.

**Gráfica IX:** Tendencia de la producción de leche, consumo de materia seca y del balance energético en la vaca de leche.



El aumento de la temperatura ambiental incrementa el grado de estrés calórico en la vaca lechera en lactación dado su condición metabólica, digestiva y hormonal; por lo cual con el aumento de la carga calórica corporal como dependiente térmico también se produce un aumento en la necesidad de consumir agua. Sin embargo, el aumento de la temperatura corporal surte un efecto curvo lineal sobre la tendencia en el consumo de agua como se ilustra en la gráfica X. Al aumentar la temperatura ambiental entre 20 y 30°C se produce un aumento en el consumo de agua; sin embargo al continuar aumentando la temperatura del medio se produce una reducción considerable en la ingesta de agua como se ilustra a continuación.

**Grafica X:** Tendencia en el consumo de agua en la vaca de leche en lactación bajo la influencia del estrés calórico térmico ambiental.



Fuente: Adaptado por Araúz (2011) según datos de McDowell (1981).

Esta reducción en el consumo de agua también está correlacionado con la merma drástica en la producción de leche que acompaña la influencia del estrés calórico en la vaca en lactación. La exposición de ganado lechero aclimatado a 21.1°C a una temperatura ambiental de 32.2°C por dos semanas aumentó el consumo de agua en 110% y las pérdidas hídricas del tracto respiratorio y de la piel aumentaron del 55 al 177% (McDowell y Weldy, 1960). Sin embargo, el agua es suministrada en grandes cantidades y no se ha considerado un factor limitante y menos durante los momentos de estrés calórico propiamente.

### **13. Efectos de la interacción genotipo por ambiente sobre la fertilidad en la vaca lechera**

Los estudios indican que al parecer existe una relación genotipo por ambiente sobre la fertilidad, porque las novillas con aptitud para la producción de leche resultan más fértiles que las novillas con menor potencial genético, pero en las vacas en lactación sucede lo contrario. La tasas altas de concepción dependen del manejo, pero el estrés calórico puede incidir negativamente (Britt, 1985).

En estudios en los cuales se evaluó el efecto de diversos factores sobre la fertilidad, se encontró que la participación relativa de la producción de leche es menor que otros factores, por ejemplo, los problemas del puerperio (Hernández, 2000). En este sentido, en un estudio se reportó que hatos con alta producción de leche tuvieron mejor desempeño reproductivo. Esta observación fue a pesar del pequeño antagonismo entre la aptitud genética para la producción de leche y varios rasgos reproductivos en las vacas en lactación. Además, se observó que hatos con baja producción presentaron bajo desempeño reproductivo, como días del parto a la primera ovulación o días abiertos. Por lo tanto, puede concluirse que el desempeño reproductivo en gran medida se debe a factores ambientales más que a factores genéticos (Britt, 1985).

Los investigadores han indicado que al evaluar el efecto del clima tropical húmedo sobre el *Bos taurus*, el *Bos indicus* y sus cruces; el *Bos indicus* tiene mejor homeostasis térmica, aunque algunos ejemplares *Bos taurus* presentan un

comportamiento de interacción genotipo-ambiente mediante el cual sus mecanismos de disipación de calor se activan, por lo que no se altera su comportamiento en pastoreo al mantener su homeostasis interna (Esperón, 2000). En virtud de lo anterior, algunos de estos ejemplares se consideran razonablemente tolerantes al calor (Hammack, 2008). Bajo estrés ambiental el incremento de la capacidad productiva de leche de las vacas, tiende a disminuir su habilidad reproductiva: Por su parte, las razas de clima templado poseen un alto potencial para producir leche en las condiciones climáticas en las que se desarrollaron. Sin embargo, estas razas no son capaces de resistir las condiciones difíciles del clima tropical, al punto de no poder mantener sus efectivos, por la alta mortalidad y de descarte.

Las interacciones genotipo x ambiente son definidas como el intervalo entre la primera y la última parición y han sido poco estudiadas. En este sentido, un estudio en la Florida con tres razas lecheras mostró que la raza Jersey tenía una vida productiva de 61.1 meses, las Guernsey de 57.4 y las Holstein de 56.2 meses (Esperón, 2000). Otro ejemplo interesante, de la interacción genotipo x ambiente, surge de los datos de Beckwith (1993), citado por Arias, A. et al (1999); donde se evaluaron hembras de la raza Brahman, Hereford y cruzadas  $\frac{5}{8}$ ,  $\frac{1}{2}$  ó  $\frac{3}{8}$  Brahman, con el remanente de sangre de la raza Hereford, durante dos épocas, en Argentina (Cuadro VI).

**Cuadro VI.** Interacción genotipo x ambiente. Preñez en cruces Brahman x Hereford.

Años	Razas y cruces				
	Brahman	<sup>5</sup> / <sub>8</sub> Brahman	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> Brahman	<sup>3</sup> / <sub>8</sub> Brahman	Hereford
1969/1981	63.1	82.5	85.2	76.4	74.2
1982/1990	65.1	86.8	---	87.6	84.1

Fuente: Beckwith (1993) citado por Arias, A. et al., 1999.

De este estudio, pudo concluirse que el Brahman y el <sup>5</sup>/<sub>8</sub> Brahman variaron poco en su rendimiento, pero los Hereford y los <sup>3</sup>/<sub>8</sub> Brahman mejoraron entre 10 y 11% de preñez. No obstante, entre ambas épocas ocurrieron mejoras en el ambiente productivo que pudieron hacer posible que la raza británica demostrará su potencial. El ganado cebú se ha asociado a pubertades más tardías, a preñeces más bajas y tardías al primer servicio, y a mayor efecto inhibitorio de la lactación sobre la posibilidad de preñez al siguiente servicio. No obstante, el efecto de la lactación en el cebú no es señal de menor fertilidad, ya que al eliminarse este efecto en las vacas adultas es posible lograr altas tasas de preñez (Arias, A. et al., 1999).

Debido al porcentaje elevado de heterosis, tanto en las características de producción como en las de reproducción, sobrevivencia y adaptación, los cruzamientos *Bos taurus* por *Bos indicus* redundan en un mejor desempeño que las razas puras cuando existen limitaciones de nutrición, sanidad o manejo (Madalena, 1993).

En resumen, en condiciones de estrés ambiental, las razas europeas disminuyen su producción, mientras que los animales cruzados o Brahman tienen mayor estabilidad. Por lo tanto, las condiciones de manejo y sanitarias van a determinar la factibilidad o conveniencia del uso de los distintos tipos raciales en diferentes sistemas de manejo o regiones, de acuerdo a las infraestructuras y manejo que sea posible (Arias, et al., 1999).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **1. Unidades experimentales referenciales (Fincas Lecheras Grado C): Ubicación y Microambiente.**

El estudio fue realizado en 20 fincas lecheras Grado C; las cuales corresponden tecnológicamente a la categoría de lecherías industriales con las menores condiciones técnicas de acuerdo con las normativas y reglamentaciones para la clasificación de la actividad lechera en Panamá. Las fincas utilizadas están ubicadas en los distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón en la provincia de Chiriquí. Las fincas se encuentran ubicadas entre los 125 y 1000 msnm y el entorno micro climático se encuentra entre la zona baja tropical húmeda y la zona tropical húmeda pre montañoso. En las fincas evaluadas se solicitó llevar el registro de monta de toro a partir de los siguientes meses que tomo el estudio; incluyendo 50 días previos al inicio del estudio propiamente. Esta medida fue aplicada para facilitar el seguimiento y diagnóstico reproductivo; lo cual fue establecido en forma conjunta con cada propietario de la finca. Los productores que participaron de este proyecto facilitando sus fincas fueron los siguientes señores: Belisario Villamente, Eduardo Carreño, Juan González, Edilberto Saira, Clemente Sánchez, Cesar Morales, Pablo Morales, Víctor Hernández, Milciádes Montero, Antonio Beitia, Ana Batista, Gaspar González, Josué Wong, Urbino Jiménez, Francisco Caballero, Guadalupe Caballero, Said Caballero, Diomedes

Chávez, Francisco Martínez y Luis Martínez. Nueve de las fincas estuvieron ubicadas en el Distrito de Alanje, cuatro en Bugaba y siete en Boquerón.

## **2. Animales Experimentales**

En cada finca lechera Grado C incluida en el estudio se realizó la evaluación reproductiva de las vacas en producción. De un total de 613 hembras entre vacas y novillas se evaluaron 328 animales en estado lactacional; de las cuales se encontró en anestro 167, preñadas 84, ciclando 53 y con servicio de menos de 50 días 24. De cada hembra evaluada se tomó el estado básico reproductivo, la condición corporal según la escala de Edmonson *et al* (1989), fecha del último parto, producción momento y se obtuvo una muestra de sangre venosa para el análisis de la hemoglobina. La producción de leche fue determinada mediante dos pesas consecutivas distanciadas por una semana; y en las cuales se aplicó el ajuste por estado lactacional según la fecha de parto. El pesaje de la leche se realizó en las horas de la mañana inmediatamente después de amamantar, limpiar el sistema mamario y aplicar el ordeño manual.

## **3. Manejo General de los Animales Experimentales**

El manejo de los animales fue conformado por la rutina de cada finca estudiada; la cual incluyó: pastoreo, parto de las crías, ordeño en la mañana y ciertas medidas de control en salud. El manejo específico en el estudio incluyó el examen de los animales para determinar su estado reproductivo mediante la

palpación transrectal del aparato genital y en cuyo caso se utilizó todas las medidas higiénicas pertinentes.

#### **4. Clasificación del estado reproductivo de las vacas y novillas y su información individual (registro individual)**

El resultado del examen reproductivo de las hembras efectivas fue clasificado en las siguientes categorías: I (preñada), II (Puerperio o < 45 días post partum), III (anestro), IV (Subestro), V (Quiste luteal), VI (Ciclando con cuerpo lúteo), VII (Ciclando con crecimiento folicular avanzado) y VIII (metritis, piometra, adherencias y afines). La clasificación utilizada fue aplicada para la estructura básica reproductiva en la hembra bovina según Rothe (1979), Vatti (1983), Morrow (1980) y Fricke (1999). La información generada mediante el examen reproductivo fue introducida en la tarjeta individual para conformar los descriptores de la unidad experimental; incluyendo: identificación del animal, número de la finca, perfil fenoracial proximal, número de partos, edad, peso corporal, condición corporal, fecha del último parto, estado lactacional y producción de leche actual.

#### **5. Protocolos Hormonales y Nutreceúticos**

Los tratamientos fueron conformados en dos grandes grupos; siendo el primer grupo aquellos que se destinaron para las vacas en anestro y que estuvo formado por el uso del GnRH más las alternativas nutreceúticas en adición a un grupo llamado control absoluto. Este último no incluyó GnRH ni nutreceúticos.

Los tratamientos para las vacas anéstricas fueron ocho y un control absoluto totalizando nueve. La composición de los tratamientos con Gestar®, Fosfomin®, Solución Antianémica®, Vitamina AD<sub>3</sub>E® y Becafor® fueron los siguientes:

- I. (Gestar)
- II. (Gestar® + Fosfomin®)
- III. (Gestar® + Fosfomin® + Becafor®)
- IV. (Gestar®+ Fosfomin® + Solución Antianémica®)
- V. (Gestar® + Fosfomin® + AD<sub>3</sub>E® + Solución Antianémica®)
- VI. (Gestar® + Fosfomin® + Solución Antianémica + Becafor ®)
- VII. (Fosfomin® + Becafor®)
- VIII. (Fosfomin® + Solución Antianémica®)
- IX. Solución Salina Fisiológica (Control para las vacas anéstricas).

Las cantidades del producto comercial y la concentración del producto administrado se presentan en el cuadro I para cada tratamiento e incluyendo la combinación del hormonal con el o los productos nutreceúticos de interés reproductivo. El aporte hormonal y nutreceútica de cada tratamiento se presenta en el cuadro II; en el cual se resume la cantidad de la hormona como producto o análogo activo y el aporte del nutreceútica (vitamina, mineral). Adicionalmente, el análogo de la hormona de liberación gonadotrópica (GnRH) fue suministrado al aplicar 5 ml de la solución estéril con Acetato de Buserelina a una concentración de 0.00042 g por cada 100 ml mediante el uso del producto de nombre comercial Gestar®, elaborado por los Laboratorios OVER de Argentina.

**Cuadro VII:** Guía para la administración de los tratamientos con GnRH y las alternativas nutreutéicas que fueron utilizados para las vacas con aciclia ovárica bilateral (anestro).

Tratamiento	Gestar®	Fosfomin®	Solución Antianémica®	Becafor®	AD <sub>3</sub> E®
I	5 ml	-	-	-	-
II	5 ml	20 ml	-	-	-
III	5 ml	20 ml	-	20 ml	-
IV	5 ml	20 ml	20 ml	-	
V	5 ml	20 ml	20 ml	-	5 ml
VI	5 ml	20 ml	20 ml	20 ml	-
VII	-	20 ml	-	20 ml	-
VIII	-	20 ml	20 ml	-	-
IX	Solución Salina Fisiológica (10 ml IM)				

**Cuadro VIII:** Aporte hormonal y nutreutéico de cada tratamiento experimental para las vacas con anéstricas en lecherías Grado C.

Parámetros	Gestar®	Fosfomin®	Solución Antianémica®	Becafor®	AD <sub>3</sub> E®
Dosis	5 ml	20 ml	20 ml	20 ml	5 ml
Contenido u Análogo por ml del producto comercial	Acetato de Buserelina (GnRH) 0.0042 mg/ml	4 dimetilamino-2 metilfenilfosfinato sódico 250 mg (35 mg de Fósforo Orgánico)	Fe Dext. 100 mg CuSO <sub>4</sub> .25 mg ZnSO <sub>4</sub> .25 mg CoSO <sub>4</sub> .025 mg	Vitamina E 80 mg/ml Selenio 1 mg/ml	A: 5x10 <sup>3</sup> UI D <sub>3</sub> : 7.5x10 <sup>4</sup> UI E: 50 mg
Aporte por Dosis	0.021 mg Ac. De Buserelina	700 mg de Fósforo Orgánico	Fe: 2000 mg * Cu: 5 mg* Zn: 5 mg* Co: 0.5 mg*	Vitamina E 1600 mg Selenio 20 mg	A: 2.5 X 10 <sup>6</sup> ui D <sub>3</sub> : 3.75X10 <sup>5</sup> ui E: 250 mg

® Producto marcado con registro sanitario para uso veterinario aprobado.

Los tratamientos aplicados fueron de acuerdo con el cuadro I y II; todos aplicados en vacas en anestro. Los productos nutreocéuticos fueron los siguientes:

1°. Solución Antianémica ®, procedente de los Laboratorios CHEMINOVA S. A.

de México; la cual contiene la siguiente composición por cada mililitro:

Hierro Dextrano 100 mg, Sulfato de cobre 0.25 mg, Sulfato de zinc 0.25 mg, Sulfato de cobalto 0.025 mg, Vitamina B12 0.008 mg y Vehículo c.b.p. 1 ml.

2°. Fosfomin Inyectable ® procedente de los laboratorios LV, Colombia; cuya composición por cada ml es la siguiente:

4 dimetilamino-2 metilfenilfosfinato sódico      250 mg (25%)

(equivalente a 35 mg de fósforo)

Selenito de sodio 0.333 mg                              (equivalente a 0.1 mg de selenio)

Sulfato de manganeso 800 mg                              (equivalente a 0.259 mg de manganeso)

Sulfato de zinc 1.125 mg                                      (equivalente a 0.255 mg de zinc)

Molibdato de amonio 0.100 mg                              (equivalente a 0.054 mg de molibdeno)

Nicotinamida (vitamina PP) .....6.0 mg

Vehículo c.s.p.....1.0 cm<sup>3</sup>

3°. Vitamina AD<sub>3</sub>E ®, procedente del Laboratorio BAGO S. A., de Colombia con

la composición bioquímica siguiente: Vitamina A 500,000 UI      Vitamina D

75,000 UI      Vitamina E      50 mg en el Vehículo Liposoluble de 1.0 ml

4°. Becafor ®, elaborado por el Laboratorio LAQUINSA S. A de Costa Rica con

la composición: Vitamina E 80 mg/ ml y Selenito Sódico 1.0 mg/ ml en el

Vehículo 1.0 ml

La aplicación de los productos se realizó vía inyectable con una aguja desechable, 18 x 1½, estéril por animal y una hipodérmica estéril de plástico debidamente calibrada industrialmente. Los protocolos hormonales y nutreécicos utilizados fueron aplicados de conformidad con la naturaleza de la condición impuesta como tratamiento; combinando el GnRH con fósforo orgánico, minerales, vitaminas AD<sub>3</sub>E y Vitamina E y Selenio; salvo dos casos que excluyeron el GnRH y uno que fue fundamentado en la solución salina fisiológica.

**Cuadro IX:** Contenido Hormonal a base de GnRH y el complemento nutreécico activo para las vacas anéstricas y PGF<sub>2</sub>α más el complemento nutreécico para las vacas ciclando.

Protocolos	Categoría Reprod.	Nutreécica	GnRH	PGF <sub>2</sub> α
1	Anestro	-	+	-
2	Anestro	P	+	-
3	Anestro	P + Se + Vit E	+	-
4	Anestro	P + Fe + Cu + Co + Zn	+	-
5	Anestro	P + Fe + Cu + Co + Zn + AD <sub>3</sub> E	+	-
6	Anestro	P + Fe + Cu + Co + Zn + VitE + Se	+	-
7	Anestro	P + Vit E + Se	-	-
8	Anestro	P + Fe + Cu + Co + Zn	-	-
9	Anestro	Solución Salina Fisiológica	-	-
10	Ciclando	P + AD <sub>3</sub> E	-	+
11	Ciclando	P + Fe + Cu + Co + Zn	-	+
12	Ciclando	P + Vit E + Se	-	+
13	Ciclando	-	-	+

**Cuadro X:** Productos nutreceúticos y su contenido farmacológico y la dosis.

<b>Vitaminas</b>	<b>Producto activo y concentración</b>	<b>Dosis</b>
A, D <sub>3</sub> E	A 500,000UI/ml, D <sub>3</sub> 75,000 UI/ml y E 50 mg/ml	5 ml
Vitamina E y Se	E: 80 mg/ml y Se 1.0 mg/ml)	20 ml
Fósforo Orgánico	4-Dimetilamina-2 metil-fenil-fosfinato sódico 250 mg, Selenito sódico 0.333 mg y Nicotinamida 25 mg/ml	20 ml
Anti anémico	Fe (100 mg), Cu (0.25 mg), Co (0.025 mg), Zn (0.25 mg) y B12 (0.008 mg) por ml de solución.	20 ml

Fuente: Laboratorios Cheminova, LAQUINSA y V M LTDA (2008).

La hormona análoga de liberación gonadotrópica que se utilizó fue el Gestar® para las vacas anéstricas; mientras que la prostaglandina para las vacas con actividad luteínica fue el Prostal ®; ambos producidos por los laboratorios Over de Argentina. El Gestar se presenta en viales de 50 ml y su concentración es de 0.00042 g de acetato de Buserelina por cada 100 ml; la posee el mismo potencial que la GnRH de origen hipotalámico (Laboratorios Over, 2006). Esta hormona está indicada para inducir la liberación de las hormonas folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH) y sus efectos tardan hasta cuatro horas después de la aplicación por vía intramuscular e intravenosa.

## **6. Parámetros experimentales descriptores y dependientes**

Los parámetros utilizados en el estudio fueron clasificados en descriptores de los animales experimentales y aquellos derivados estrictamente para evaluar los

tratamientos de las vacas anéstricas y de aquellas con actividad luteínica. Los indicadores descriptores fueron: peso corporal (kg), condición corporal actual (2.0 – 5.0), producción de leche diaria (kg), estado lactacional (días, semanas, meses), partos acumulados, edad aproximada actual, hemoglobina, tiempo en ordeño y periodo abierto total. Mientras que las variables dependientes propiamente fueron: Tiempo para la de presentación del celo post tratamiento (días), tasa de presentación del celo, tasa de preñez y eficiencia total reproductiva y nutreceútica del protocolo para la reactivación ovárica y para el protocolo de sincronización del celo propiamente.

Entre otros aspectos evaluados como parte de la descripción de la condición de los animales fueron los indicadores de alimentación y nutrición; incluyendo: consumo de materia seca (kg/animal), consumo proteína total (g/Animal), consumo de Energía Neta Lactacional (Mcal/Animal) y estado nutricional energético y proteico ajustado diario.

## **7. Técnicas especiales y procedimientos experimentales**

### **7.1. Revisión reproductiva postparto.**

Cada vaca fue evaluada vía palpación transrectal para determinar su estado reproductivo y la condición de sus ovarios; mediante el cual se confirmó el estado reproductivo general y ovárico a través de la palpación transrectal. El

examen genital fue efectuado según el procedimiento descrito por Rothe (1974), Vatti (1979), Morrow (1980) y Leach y Allrich (1991).

### **7.2. Pesaje y condición corporal postparto.**

Los animales fueron pesados por el método torácico utilizando la cinta especial desarrollada por Nasco, USA. Se tomó su condición corporal según el método de Edmonson *et al.*, (1989) para establecer el estado de las reservas corporales durante el período de la lactación.

### **7.3. Aplicación del tratamiento nutreceptivo y hormonal.**

La aplicación de los protocolos indicados se hizo a partir de la evaluación reproductiva de cada animal en las fincas evaluadas; tomando en cuenta la condición reproductiva general y la categoría funcional de los ovarios. En las vacas anéstricas se utilizó tratamientos a base de GnRH y nutreceptivos para tratar de estimular la actividad de los ovarios hacia el ciclo estral; mientras que en las vacas con actividad luteínica se utilizó la prostaglandina  $PGF_{2\alpha}$  más un nutreceptivo con el objetivo de sincronizar la presentación del celo para efectuar el servicio natural y lograr la preñez.

### **7.4. Detección del celo, servicio y registros.**

Todos los animales tratados tuvieron un seguimiento diario para la detección del celo y el registro de la fecha de este evento y la del servicio natural. Los datos

de cada animal fueron incluidos en el formulario de cada finca para su análisis individual y colectivo posteriormente.

#### **7.5. Pesaje de la producción de leche semanal.**

La producción de leche fue cuantificada mediante la pesa directa en el ordeño de la mañana; utilizando una pesa pequeña con capacidad máxima de 25 kg; previo conocimiento del peso del recipiente para colocar la leche al momento del ordeño manual. Este procedimiento se realizó durante dos semanas consecutivas para conocer el valor más probable de la producción de leche ajustada por estado lactacional en los animales experimentales.

#### **7.6. Estado nutricional energético, proteico y mineral (Ca y P).**

El estado nutricional de las vacas fue determinado tomando en cuenta los requerimientos de energía neta, proteína, calcio y fósforo; el consumo de alimentos empleados en la finca; aplicando la bromatología proximal y estableciendo el contraste de los requerimientos con el consumo proximal de nutrientes. Para ello se emplearon los requerimientos nutricionales de la NRC (1989, 2001) y el balance de los nutrientes fue establecido a través del programa AgRation (1995). En cada finca se determinó el suministro proximal de los ingredientes que conformaban la dieta diaria de las vacas (forraje verde, alimento concentrado, heno, minerales y otros), según el modelo de

alimentación. La bromatología de los alimentos fue obtenida mediante la base bromatológica para los alimentos del ganado lechero en Panamá según Araúz (2006), Samudio (2001) y en algunos casos según las tablas de composición de los alimentos para Latinoamérica (Conrad et al., 1974). Los forrajes de cada finca fueron analizados en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agropecuaria de la Universidad de Panamá.

#### **7.7. Seguimiento reproductivo y diagnóstico de la preñez.**

Los animales experimentales recibirán el seguimiento reproductivo mediante la palpación rectal entre 50 a 70 días después del servicio reportado por el encargado de la finca. El seguimiento de los animales con monta natural fue orientado para el diagnóstico de la preñez; sin embargo, en los animales negativos se le facilitó la información del hallazgo al propietario de la finca para que implementara otras medidas con miras a mejorar el estado reproductivo de los animales con problemas ováricos.

#### **7.8. Registro e integridad de los datos experimentales.**

Cada finca, raza, animal y tratamiento fueron codificados para formar la base de datos y generar la matriz numérica para su análisis estadístico de conformidad con los requisitos del programa SAS (1997, 2001).

## 8. Análisis Estadístico

El análisis de la base de datos incluyó el uso de varios modelos lineales aditivos y regresivos; los cuales fueron aplicados según la variable dependiente y según las fuentes de variación consideradas como factores determinantes. Los procedimientos fueron seguidos según los lineamientos de la sección GLM (SAS, 1997, 2001). La producción de leche y su tendencia general fue evaluada según el modelo de regresión descrito por Wood (1974) en base a la ecuación de regresión logística gamma incompleta.

El número de partos, el peso corporal, la condición corporal, el estado lactacional al momento de la evaluación reproductiva, la producción de leche y la hemoglobina fueron evaluados según el modelo lineal aditivo descrito como:

$$Y_{ijkl} = u + A_i + e_{(ijkl)} \quad \text{donde:}$$

$Y_{ijkl}$  = Peso corporal (lb), Condición corporal (no), producción de leche (kg/día).

$A_i$  = tratamientos ( $i^o = 8$ ) y  $e_{(ijkl)}$  es el residuo experimental

La tasa de presentación del celo y la tasa de preñez fueron analizadas combinando el análisis de varianza más la covarianza múltiple de acuerdo con el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijkl} = u + A_i + \beta_1 (X_{ijk} - \bar{u}) + \beta_2 (X_{ijk} - \bar{u}) + e_{(ijkl)}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Número de vientres que presentaron celo y que quedaron preñados después de un servicio natural

$A_i$ : Tratamientos ( $i = 8$ )

$\beta_1 (X_{ijk} - \bar{u})$ : Efecto covariativo de la condición corporal momento.

$\beta_2 (X_{ijk} - \bar{u})$ : Efecto covariativo del perfil sanguíneo en base a hemoglobina

$e_{(ijkl)}$ : Residuo experimental

El tiempo al primer celo post tratamiento y el tiempo para la definición del servicio efectivo fue analizado en base al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + \beta_1 (X_{ijk} - \bar{u}) + \beta_2 (X_{ijk} - \bar{u}) + \beta_3 (X_{ijk} - \bar{u}) + e_{(ijkl)}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Tiempo al primer celo post tratamiento (días) y tiempo para el servicio efectivo (días).

$A_i$  = Tratamientos

$\beta_1 (X_{ijk} - \bar{u})$  = Condición corporal al tratamiento

$\beta_2 (X_{ijk} - \bar{u})$  = Producción de leche (kg/día)

$\beta_3 (X_{ijk} - \bar{u})$  = Hemoglobina (g/100 ml)

$e_{(ijkl)}$  = Residuo experimental.

La respuesta asociada con los tratamientos nutreécicos y hormonales en función del tiempo al primer celo y al servicio efectivo también fueron evaluados mediante la regresión múltiple según el análisis de varianza en función del peso corporal, la condición corporal, la producción de leche y el periodo abierto al momento de aplicar el tratamiento propiamente. Otros análisis incluyeron la

comparación de medias por el método de Tukey (Gill, 1978). Los análisis estadísticos fueron efectuados con el Programa SAS (Statiscal Analysis System; 1997, 2001). La estructura de la matriz de datos y los análisis estadísticos serán desarrollados según el instructivo para SAS (1997); siguiendo el procedimiento descrito por Araúz (2007) y de conformidad con los requisitos para la sección general de los modelos lineales o GLM (General Lineal Models, SAS, 1997, 2001).

#### **9. Costo de la investigación y financiamiento**

Esta investigación tuvo un costo en la fase de campo de \$ 8500.00 incluyendo los productos utilizados para conformar los tratamientos, el transporte, la adquisición de agujas, guantes de palpar y jeringuillas. El costo de esta investigación fue financiado por el Ing. Vicente Ramón y su Empresa Avícola principalmente. Un gran aporte fue el de los productores al apoyar con su personal de campo y con gran la disposición personal de querer participar en el proyecto, principalmente por la búsqueda de una alternativa para mejorar el manejo reproductivo de su finca.

#### **10. Periodo de ejecución de la investigación.**

Esta investigación se inicio en el 2009 con la fase de planificación entre marzo y Junio del mismo año; mientras que la fase de evaluación de la fincas y la implementación de los tratamientos fue entre Julio del 2009 y Noviembre del

2010. La fase ejecutiva de los análisis estadísticos y la interpretación de los resultados fue realizada entre Diciembre del 2010 y Mayo del 2011; culminando con la generación del documento final para su sometimiento a los miembros de Comité Evaluador y para su sustentación.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **1. Características y caracterización de las fincas lecheras industriales experimentales y sus indicadores zootécnicos básicos.**

El estudio fue desarrollado en base a la información de índole zootécnica con énfasis en los indicadores reproductivos, lactacionales y de manejo asociadas con la producción de leche grado C en base al estudio de 20 fincas lecheras industriales ubicadas en los distritos de Alanje (9), Bugaba (4) y Boquerón (7) como se ilustra en el cuadro XI; la cual fue introducida en una base de datos para formular la matriz experimental compatible con los requisitos del programa SAS (Statistical Analysis System; 1997 y 2001). El estudio se realizó en las comunidades de La pita, Querébalos y el Tejar como parte del Distrito de Alanje; en la Mata de Bugaba, Pedregalito, Bugabita y San Vicente (Distrito de Bugaba) y en las comunidades de Guayabal, Cordillera y Santa Marta (Distrito de Boquerón).

Las veinte fincas lecheras industriales presentaron una población de 613 hembras totales efectivas, de las cuales solamente se encontró 328 animales en producción de acuerdo con el registro lactacional y la validación de los animales que estaban siendo objeto del ordeño con fines de la venta comercial de leche. Esto indica que de la población de vientres efectivos en las 20 fincas, solamente

el 53.51% estaban participando de la producción comercial de leche en términos de la media general (ver cuadro XI). Esta cifra se encuentra por debajo del requisito zootécnico apropiado de la proporción de hembras en producción; cuyo rango ha sido descrito entre 70 y 85% para las fincas lecheras con proyección eficiente en el uso del recurso animal en términos reproductivos (**Nebel, 1998**); cuando el periodo de la recuperación puerperal de la vaca evoluciona sin desórdenes derivadas del parto y la involución uterina (**Leach y Allrich, 1991**).

La clasificación de las fincas según la proporción de vacas en ordeño indicó que se presentaron cinco clases a partir del 30% hasta el 80% de las hembras efectivas. El 70% de las fincas evaluadas presentaron una baja eficiencia en el sistema de producción lechera Grado C; ya que la proporción de hembras en ordeño oscilaron entre 30 y 60%. La clase regular entre 60.1 y 70% solamente represento el 25% de las fincas evaluadas; mientras que la clase eficiente entre 70.1 y 80% solo mostró un 5% de las unidades de producción lechera industrial (ver cuadro XIII). La eficiencia reproductiva incluye la contribución genética de los progenitores (**Wilcox et al., 1978**), del entorno microambiental (**West, 2004**), del manejo nutricional (**Butler y Smith, 1989**), de la aplicación de las técnicas de modulación glandular (**Moore y Thatcher, 2006**) y de la eficiencia del personal cuando se utilizan procedimientos como la inseminación artificial, la sincronización del celo y la ovulación (**Holy, 2008**). En este caso, se utilizó la proporción de vacas en ordeño sobre la población total de vientres para establecer el grado de eficiencia cuantitativa de vacas que estaban aportando en

la producción de leche con fines comerciales como parte del modelo de la lechería industrial.

**Cuadro XI:** Ubicación y distribución de las fincas lecheras Grado C experimentales en cuatro distritos de la Provincia de Chiriquí y cantidad de hembras efectivas totales y hembras en producción.

Finca No	Propietario	Distrito	Comunidad	Hembras totales	Vacas en Ordeño No	%
1	Villamonte Belisario	Alanje	La Pita	25	18	72.00
2	Carreño Eduardo	Alanje	Querébalos	34	16	47.06
3	Juan González	Alanje	La Pita	34	19	55.88
4	Edilberto Sura	Alanje	El Tejar	22	15	68.18
5	Clemente Sánchez	Alanje	La Pita	50	22	44.00
6	Cesar Morales	Alanje	Querébalos	45	17	37.78
7	Pablo Morales	Alanje	La pita	30	15	50.00
8	Víctor Hernández	Alanje	La Pita	11	5	45.45
9	Milciades Montero	Bugaba	Bugabita	28	13	46.43
10	Antonio Beitia	Alanje	La Pita	11	7	63.63
11	Ana Batista	Bugaba	Mata de Bugaba	26	18	69.23
12	Gaspar González	Bugaba	Pedregalito	35	20	57.14
13	Josué Wong	Bugaba	San Vicente	31	17	54.84
14	Urbino Jiménez	Boquerón	Guayabal	42	23	54.76
15	Francisco Caballero	Boquerón	Guayabal	32	16	50.00
16	Guadalupe Caballero	Boquerón	Guayabal	12	8	66.67
17	Said Caballero	Boquerón	Guayabal	30	16	53.33
18	Diomedes Chávez	Boquerón	Cordillera	54	34	62.96
19	Francisco Martínez	Boquerón	Santa Marta	30	16	53.33
20	Luis Martínez	Boquerón	Santa Marta	31	13	41.93
<b>Total de vacas en las 20 fincas lecheras Grado C</b>				<b>613</b>	<b>328</b>	<b>53.51</b>

Es evidente que las fincas lecheras industriales poseen una eficiencia reproductiva muy baja si comparamos sus indicadores con las metas biológicas y zootécnicas señaladas por diversos autores; tales como: Morrow, (1980); Nebel, (1998, 2006) y Araúz, (2010). La composición reproductiva básica de las

hembras efectivas en las 20 fincas lecheras industriales indicó que de los 613 animales, solamente 328 (53.51%) se encontraban en la fase de producción; mientras que 285 (46.49%) estaban en el lote de vacas secas y novillas en gestación (ver gráficas X y XI).

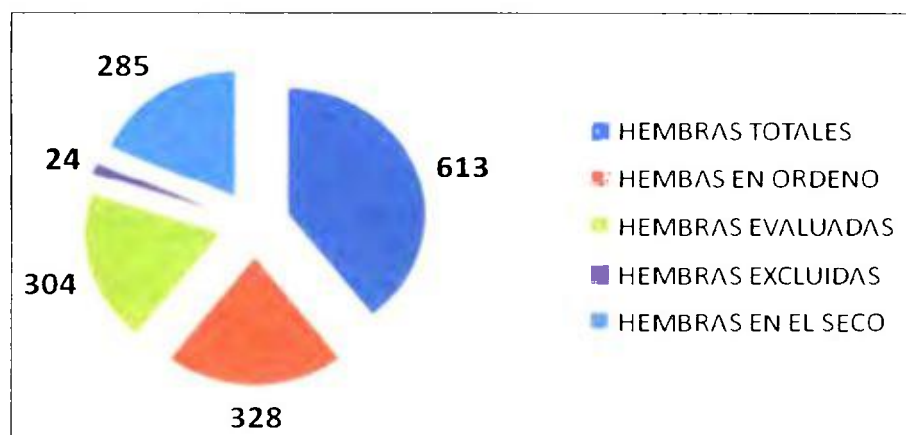
El 70% de las fincas lecheras industriales evaluadas presentaron un estado reproductivo deficiente al mostrar entre 30 y 60% de los animales en la fase de producción mientras que el 25% pudo caracterizarse con eficiencia reproductiva regular y solamente el 5% de las fincas evaluadas presentó un estado eficiente de acuerdo con la proporción de vientres efectivos en ordeño ver cuadro XIII. La categorización por proporción de vacas en ordeño es una medida para juzgar parcialmente la eficiencia del sistema de producción de leche; en especial, cuando se incluyen los factores de variación de la vaca, el modelo de alimentación y la influencia de los factores limitantes relacionados con la nutrición y la salud del ganado lechero.

**Cuadro XII:** Distribución de las fincas lecheras industriales evaluadas según la proporción de hembras efectivas en ordeño con respecto al total de hembras disponibles.

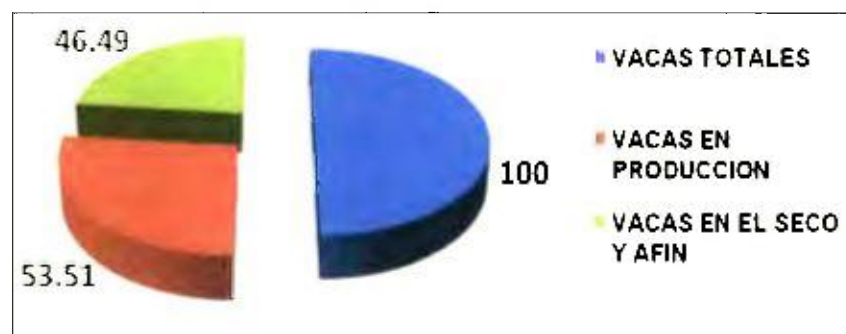
<b>Clase</b>	<b>Rango de vacas en ordeño (%)</b>	<b>Cantidad (No)</b>	<b>Proporción (%)</b>	<b>Proporción Aditiva (%)</b>
I	30.1 - 40	1	5.0	5
II	40.1 - 50	7	35.0	40
III	50.1 - 60	6	30.0	70
IV	60.1 - 70	5	25.0	95
V	70.1 - 80	1	5.0	100

Estas cifras indican que los sistemas de producción lechera en el trópico pueden ser mejorados para maximizar el aprovechamiento del recurso animal; especialmente si se realizan los ajustes en el manejo de la nutrición, una planificación en la alimentación para reducir el efecto de la época seca y la inserción de las tecnologías y los procedimientos para el seguimiento reproductivo efectivo de la hembra bovina tipo leche (Araúz, 2006).

**Gráfica XI:** Composición reproductiva básica de la población de hembras bovinas efectivas en 20 fincas lecheras industriales experimentales ubicadas en los Distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón.



**Gráfica XII:** Distribución proporcional de las hembras bovinas efectivas en 20 fincas lecheras industriales en los Distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón.

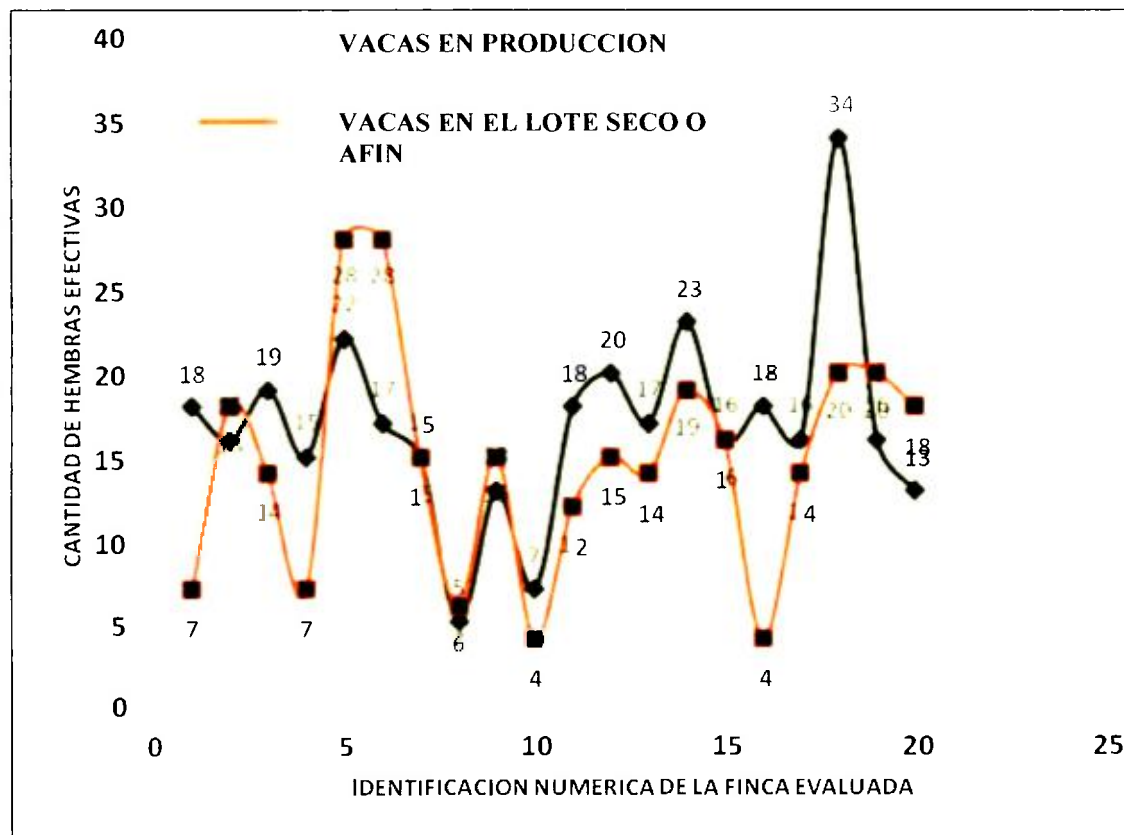


El mejoramiento de la eficiencia sobre el recurso animal; particularmente de las hembras con capacidad reproductiva por peso y edad; tendría un impacto considerable para aumentar la producción de leche nacional. Sin embargo, para lograr dichos resultados, se precisa que el programa de manejo intensivo permita ajustar el aprovechamiento de las hembras con capacidad reproductiva y orientar las mismas para su ingreso al ciclo de la producción de leche con la proyección del parto anual (Araúz, 2006).

En las fincas evaluadas se encontró que el 53.51% de los vientres efectivos estaban participando de la producción de leche; cuando la población total fue 613 animales. Esto significa que hay una deficiencia de por lo menos 21.49% de los semovientes con posibilidad reproductiva; infiriéndose que alrededor de 132 hembras bovinas debieron estar en producción. Esto se traduce en un margen de pérdidas considerables y en la inestabilidad del modelo de la producción lechera industrial en el trópico (Araúz, 2010b). La relación de las vacas en producción con respecto al número de vientres efectivos totales en las fincas evaluadas se presenta en la gráfica XII; destacando que el manejo reproductivo es muy limitado con respecto al aprovechamiento del potencial reproductivo y lactacional de las hembras efectivas. Una baja proporción de fincas evidencia que el número de vacas en producción es apropiado con respecto al número total de hembras con capacidad reproductiva por su edad, peso corporal y contribución en la fase de producción de leche respectivamente.

Técnicamente, es preciso que se mantengan en producción un mínimo del 70% de las hembras efectivas (Wilcox et al., 1978); sin embargo, Nebel (1998) insiste en que esta cifra debe ser como mínimo un 75%; aunque ello ya implica ciertas pérdidas económicas que dependen del potencial lechero de cada hembra que no participa en el ciclo de producción y del número de animales que anualmente se atrasan por razones de la fisiología reproductiva y el manejo inoportuno (Araúz, 2010b).

**Gráfica XIII:** Cantidad de las hembras efectivas en ordeño y en el lote seco en las fincas lecheras Grado C.



## **2. Clasificación del hallazgo reproductivo en las vacas en ordeño**

El estado reproductivo de los animales en ordeño fue evaluado en 20 fincas lecheras grado C mediante la técnica de la palpación transrectal de acuerdo con los procedimientos descritos por Vatti (1975), Hafez (1996) y Holy (1997, 2008). Los animales incluidos fueron aquellos con una monta de toro mayor a los 45 días, aquellos sin historial de servicio, animales con posibilidad de estar preñados por su estado lactacional y aquellos con más de 25 días después del parto. El perfil reproductivo general de las vacas en producción (328) fue determinado en 304 semovientes hembras en estado lactacional variado. Los resultados del análisis individual de las vacas en lactación fueron clasificados en forma general en anestro, ciclando y preñadas.

El término anestro fue indicado cuando ambos ovarios presentaron un tamaño pequeño, ausencia de estructuras como cuerpo lúteo o crecimiento folicular perceptible. Sin embargo, se observó un coeficiente de variación amplio en todas las clases (anestro, preñadas y ciclando) cuando se proyectó la información cuantitativa de cada finca lechera industrial. Se encontró una alta proporción de vacas en lactación con ovarios inactivos (ovarios pequeños y sólidos, la falta de un buen tamaño de los ovarios y ausencia de estructuras funcionales, presencia de folículos avanzados y de un cuerpo lúteo funcional); tal como describe Rothe (1979), Morrow (1980) y Hafez (1989).

La clasificación del grupo de vacas en anestro (ovarios pequeños y sólidos) y el subestro (ovarios medianos y sin estructura luteínica) fueron incluidos en la misma categoría; refiriéndose a los animales que hasta el momento de la revisión inicial no evidenciaban haber presentado algún celo efectivo. El tamaño del ovario y la consistencia fueron dos criterios técnicos de campo que se aplicaron para identificar la condición de una aciclia ovárica sostenible después del parto (Hafez, 1986; Holy, 2007); como una condición endocrina y fisiológica generada por la influencia nutricional (Butler y Smith, 1989; Butler, y Elrod, 1991), lactacional (NRC, 2001) y por la presencia de la cría y el amamantamiento (Hernández et al., 2001).

El diagnóstico de preñez fue establecido de acuerdo con el procedimiento indicado por Vatti (1974) y Holy (2008); incluyendo: la revisión del ovario y la evaluación de los dos cuernos uterinos; así como el uso del frémito en aquellos animales con preñeces avanzadas (superior a los siete meses). Al culminar la evaluación reproductiva inicial se encontró los siguientes resultados: vacas en anestro (167), preñadas (84) y ciclando (53); totalizando 304 animales en ordeño (ver cuadro XIV). En forma relativa y proporcional sobre los animales evaluados; las vacas en anestro, preñadas y ciclando representaron el 50.91, 25.61 y 16.16% (ver cuadro XV y Gráfica XII). Las cifras sobre el número de vacas en ordeño en las 20 fincas productoras de leche industrial indican que hay una alteración considerable de la eficiencia reproductiva y en la producción de leche ya que hay una alta proporción de hembras con capacidad reproductiva que no

se encuentran en la fase de producción propiamente. Según Fricke (1999), la eficiencia reproductiva del ganado lechero incluye numerosos factores; pero al menos la proporción de vacas en ordeño debe bordear entre 70 a 80% de la población de hembras con capacidad reproductiva en el hato lechero.

El análisis estático de la situación reproductiva de las hembras bovinas en producción en las 20 fincas evaluadas mostró el patrón genérico al clasificar los animales vacíos según la naturaleza reproductiva; destacándose el bajo número de hembras en ordeño y una alta incidencia de animales con aciclia ovárica bilateral (ver cuadro XIV). En general, la población de vacas en ordeño (328) con respecto al total de vientres efectivos según la encuesta directa en campo (613) mostró una baja proporción relativa de hembras en el ciclo de producción. Este hallazgo estuvo relacionado con la baja proporción de hembras en lactación que presentaron aciclia ovárica postparto cuando el estado lactacional estuvo entre 30 y 190 días. Por otro lado, se presentó una baja proporción de hembras en lactación con actividad ovárica (cuerpo lúteo, crecimiento folicular avanzado); alcanzando solo el 16.15% (53/613); como se presenta en el cuadro XIV. La proporción de vacas preñadas fue el 13.70% (84/613) y se excluyeron 24 vacas con menos de 50 días de monta.

El promedio de hembras con capacidad reproductiva por edad y peso en las 20 fincas evaluadas fue 31 animales en potencia; con una composición reproductiva de la siguiente manera: Anestro 50.91%; preñadas 25.61%; ciclando 16.16% y

con servicio 7.32% (cuadro XV). La finca promedio fue de 16 vacas en ordeño que representó el 53.51%; aunque se observó un sesgo considerable de acuerdo con la desviación y el error estándar. Los estudios de Hernández *et al.*, (2001) en el ganado lechero cruzado en fincas de doble propósito en México indican que la ganadería lechera con tecnología tradicional se caracteriza por una bajo índice de vacas en producción y una alta incidencia de vacas con anestro postparto lactacional. La proyección del hato promedio en base a las 20 fincas lecheras industriales en los distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón indicó que la proporción de vacas en producción encontrada fue muy baja; aunque ciertas fincas mostraron ser mejores (ver cuadro XVI y gráfica XII).

En resumen, la esperanza ideal de la proporción de vacas en ordeño en la unidad pecuaria de producción lechera corresponde al 80% según Nebel (1998); y por lo tanto, la finca modelo debería presentar 25 hembras en producción. Es evidente que las fincas productoras de leche en los sistemas tropicales latinoamericanos presentan cifras deficientes en producción, biología reproductiva y en la productividad propiamente. Los estudios de Mess – Vayen (1998) aplicando el sistema de registros Vampp leche confirman las deficiencias en producción de leche, eficiencia reproductiva y salud de hato; las cuales se traducen en pérdidas económicas que soportan la necesidad de implementar mejoras tecnológicas.

**Cuadro XIII:** Generalidades del estado reproductivo en las vacas en producción según el análisis del sistema genital mediante la palpación transrectal para la evaluación ovárica y el diagnóstico de la preñez.

Finca No	Total	En Ordeño Evaluadas	Anestro	Preñadas	Ciclando	Con Servicio	Secas y afin
1	25	18	7	7	4	0	7
2	34	16	9	4	3	0	18
3	34	19	7	6	3	3	15
4	22	15	6	5	4	0	7
5	50	22	7	11	4	0	28
6	45	17	14	3	0	0	28
7	30	15	8	2	5	0	15
8	11	5	4	0	1	0	6
9	28	13	5	2	5	1	15
10	11	7	1	3	3	0	4
11	26	18	9	5	1	3	8
12	35	20	14	4	2	0	15
13	31	17	7	3	3	4	14
14	42	23	16	3	1	3	19
15	32	16	12	2	2	0	16
16	12	8	3	2	1	2	4
17	30	16	5	1	2	8	14
18	54	34	15	15	4	0	20
19	30	16	9	4	3	0	14
20	31	13	9	2	2	0	18
<b>Total</b>	<b>613</b>	<b>328</b>	<b>167</b>	<b>84</b>	<b>53</b>	<b>24</b>	<b>285</b>

**Anestro:** Ovarios pequeños y sólidos. **Ciclando:** Ovarios con evidencia luteínica y/o foliculares. **Preñadas:** Crecimiento del cuerno grávido evidenciando vesícula, carúnculas, frémite o feto perceptible vía rectal.

No obstante, las cifras promedio encontradas en 20 fincas fue de 16.4 de las 30.65 vacas (53.51%); derivándose una deficiencia de nueve vacas por finca; que corresponde al 36%; lo cual es posible de mejorar a mediano plazo. Se infiere que algunas fincas presentaron mejores resultados dentro de la muestra

evaluada; sin embargo, una gran mayoría evidenció problemas reproductivos entre ligeros a muy severos (Gráfica XIII).

**Cuadro XIV:** Resumen estadístico descriptivo del estado reproductivo y la actividad ovárica postparto en las vacas en producción en 20 fincas lecheras industriales distribuidas en los distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón.

Parámetros Reproductivos	ū	%	DE	EE	CV
Hembras Totales (No)	30.65		± 11.60	± 8.59	37.83
En Ordeño (No)	16.40	53.51	± 6.18	± 1.38	37.71
En Anestro (No)	8.35	50.91	± 4.09	± 0.92	49.04
Preñadas (No)	4.20	25.61	± 3.50	± 0.78	83.41
Ciclando (No)	2.65	16.16	± 1.42	± 0.32	53.75
Con Servicio u otros (No)	1.20	7.32	± 2.09	± 0.47	174.38
En el Seco y Afín (No)	14.25		± 6.84	± 1.53	48.02

ū: Media DE: Desviación Estándar EE: Error Estándar CV: Coeficiente de Variación (%)

A diferencia de indicar los factores limitantes de la eficiencia reproductiva como la nutrición aplicada (NRC, 2001) y el estrés calórico (Studer, 1998; Hansen y Arechiga, 1999); la proporción de vacas en producción es un indicador genérico de la capacidad del aprovechamiento del potencial lactacional y de la producción láctea de los vientres efectivos en la unidad o finca lechera (Araúz, 2008).

### 3. Relación del estado reproductivo con el estado lactacional, la condición corporal y la producción de leche.

El estado reproductivo de la hembra bovina es influenciado por el medio ambiente y el estrés calórico (Jordan, 2003; West, 2004; Araúz, 2006a), el

estado nutricional (NRC, 1989, 2001), el balance energético y proteico (Butler y Smith, 1989; Lucy *et al.*, 1992), el estado de salud (Leach and Allrich, 1991), la producción de leche (Wilcox *et al.*, 1978) y las medidas de manejo (Moore y Thatcher, 2006) tanto en el clima templado como en el medio tropical (Fuentes *et al.*, 2003).

En el presente estudio se determinó el estado reproductivo de cada vaca en estado lactacional y con ello la condición reproductiva del lote de vacas en producción en cada finca. Se encontró que la proporción de vacas en producción en las 20 fincas en anestro (50.91%), ciclando (16.16%), preñadas (25.61%) y otros casos (7.32%) sobre la base de 328 animales (Cuadro XVI y Gráfica XIII). Al mismo tiempo, el estado reproductivo de las vacas en producción fue asociado con la producción de leche, el estado lactacional y la hemoglobina.

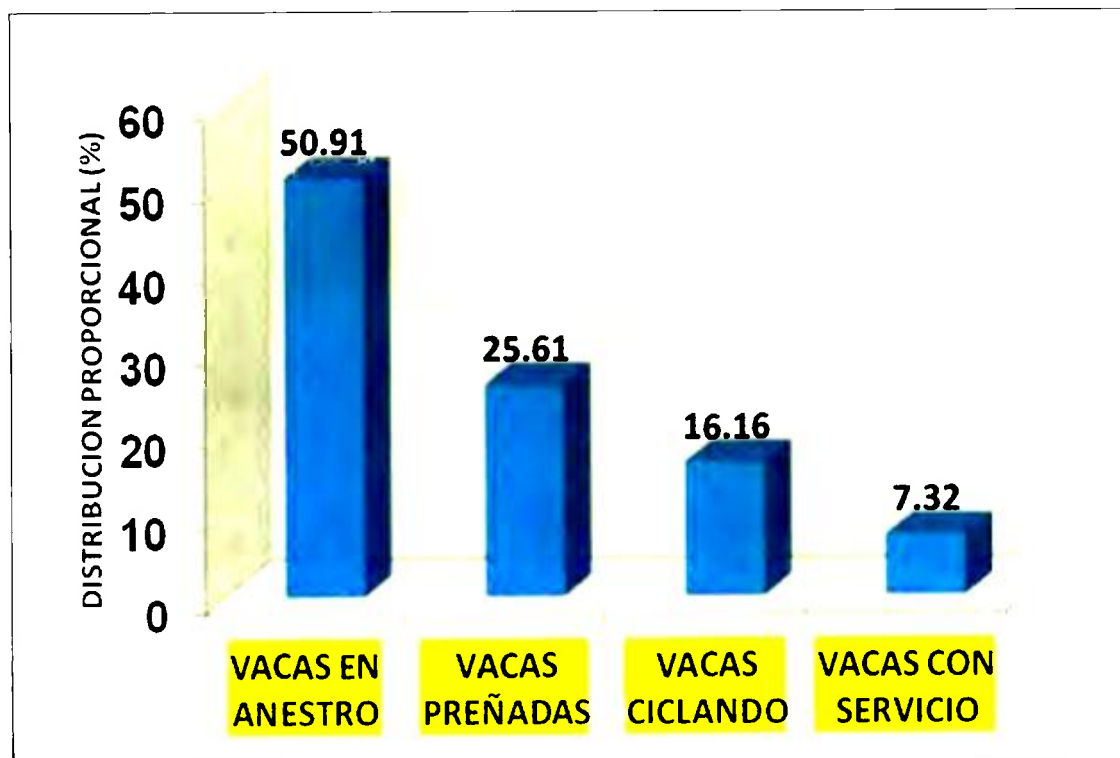
Se observó un alto índice de vacas abiertas con una alta proporción de animales en anestro; al mismo tiempo que la producción de leche comercial promedio fue 6.11 kg por día y la concentración de hemoglobina resultó en 10.71 g por cada 100 ml de sangre; lo cual se considera inferior a la concentración óptima de 12.5 g por cada 100 ml de sangre venosa (Dukes y Swenson, 1995).

La estructura reproductiva del hato promedio en las 20 fincas lecheras industriales evaluadas fue establecida para el grupo de las vacas en producción a través del examen del sistema genital; ya que excluyendo 24 animales por registro de servicio u otras razones, se procedió al examen de 304 vacas. De estos animales evaluados, el 50.91% fue encontrado en anestro (ovarios pequeños, sólidos y sin ningún tipo de estructura) reconocible por palpación trasnrectal. Según Peter et al., (2009), la condición de anestro afecta la fertilidad de la vaca lechera y dicho estado se encuentra determinado por el estado nutricional, ginecológico postpartum y el esquema hormonal. Lucy et al., (2003) ha indicado que la condición metabólica y el balance energético negativo constituyen factores limitantes para la normalización del ciclo estral; aunque en muchos casos el crecimiento folicular no es afectado, pero si el desarrollo folicular hacia el tipo dominante y su prolongación efectiva por esteroidogénesis, definición del estado de Graaf, la ovulación y afines.

**Cuadro XVI:** Resumen proporcional de la caracterización reproductiva inicial en las vacas en producción evaluadas en 20 fincas lecheras industriales distribuidas en los distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón.

Parámetros Reproductivos y de la Subpoblación de vacas evaluadas en las Fincas industriales	Cantidad (No)	Sobre las Hembras Totales (%)	Sobre las Hembras en Ordeño (%)
Hembras Totales	613	100	
En Ordeño	328	53.51	100
En Anestro	167	27.24	50.91
Preñadas	84	13.70	25.61
Ciclando	53	8.65	16.16
Hembras Evaluadas Reproductivamente	304	49.59	92.68
Con Servicio u otros (No)	24	3.91	7.32
En el Seco y Afín (No)	285	46.49	

**Gráfica XIV:** Composición reproductiva de las vacas en producción evaluadas mediante la palpación rectal en fincas lecheras industriales en los Distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón.



Los principales indicadores zotécnicos y biológicos de las vacas evaluadas en las 20 fincas lecheras industriales mostraron un promedio de 16 vacas en ordeño, 2.61 partos, peso corporal de 415.02 kg, condición corporal de 3.19, estado lactacional de 118.58 días, producción de leche comercializada de 6.11 kg/vaca - día y la media de hemoglobina fue 10.71 g/100 g de sangre con una variación considerable entre las diferentes fincas (cuadro XVII).

Los indicadores biológicos como el peso corporal, el estado lactacional y la producción de leche presentaron una variación relativamente alta, correspondiéndole un 14.38, 27.51 y 17.91%. La edad reproductiva promedio de

los animales evaluados resultó ser joven relativamente; ya que la media del lote de hembras evaluadas fue de 2.61 partos (ver cuadro XVII y Gráfica XIII); lo que significa en el potencial lechero prevalente en las fincas evaluadas fue correspondiente con el desempeño lactacional por debajo del equivalente de madurez por el número de la lactación (Wilcox, et al., 1978; Bath et al., 1986; Nebel, 1997).

El entorno somático evidenció  $415.02 \pm 59.68$  kg y el aspecto genético de los animales incluidos correspondió a cruces como Holstein x Cebú, Pardo Suizo x Cebú, Holstein x Pardo Suizo x Cebú y Holstein x Cebú X Pardo Suizo. El peso promedio fue inferior al peso de la raza Holstein y Pardo Suizo (679 kg) según la información presentada por Visser y Wilson (2006). Al presentar un menor peso corporal, el ganado bovino con tendencia genética para la producción de leche presenta una serie de ventajas biofísicas y metabólicas relacionadas con los procesos de la termorregulación, adaptación calórica en el medio tropical y en el proceso de la locomoción (Yousef, 1985b; Araúz, 2006a, b), lo cual le permite al bovino cruzado mantener una carga calórica más saludable para su desempeño fisiológico, metabólico, reproductivo y lactacional; en comparación con otras razas especializadas como la Holstein y Pardo Suizo (Araúz *et al.*, 2010).

El estado general al parto de las vacas resultó en  $3.85 \pm 0.38$  lo que se encuentra dentro del rango esperado para el ganado lechero especializado según la escala de Edmonson et al., (1989); sin embargo, es un valor

ligeramente inferior a la escala señalada con los ajustes para el ganado lechero cruzado por la influencia cebuína que debe ser alrededor de 4.0 a 4.25 (Arauz, 2008 a).

La condición corporal promedio detectada para las vacas en lactación en las 20 fincas fue  $3.19 \pm 0.18$  de acuerdo con la escala de evaluación corporal descrita por Edmonson *et al.*, (1989). Este valor no indica un estado corporal en deterioro o que se hayan comprometido en forma considerable; no obstante, cabe destacar que los animales utilizados fueron cruzados y por ende poseen cierta influencia cebuína, los cuales tienden a mostrar una condición corporal superior al compararse con la escala para la raza Holstein. Por otro lado, el estado lactacional promedio para la condición corporal fue  $118.58 \pm 32.63$  días (ver cuadro XVII y Gráfica XIV); por lo que se puede indicar que el momento más crítico para indicar la condición corporal ya había pasado. Un análisis de la condición corporal sectorial a los  $55.35 \pm 17.15$  días, mostró que el promedio de la condición corporal fue  $2.68 \pm 0.36$ ; lo cual si ratifica el que las vacas en lactación en estas fincas presentaron un estado nutricional comprometido con un balance energético y proteico negativo.

La cifra más crítica sobre la condición corporal se encontró en los primeros 20 a 50 días donde la media de la condición corporal fue  $2.35 \pm 0.16$  a los  $34.2 \pm 14.4$  días respectivamente. Esto coincide con los señalamientos de Butler y Smith (1989), aunque el balance energético negativo fue para vacas con un potencial

lechero entre 3.0 y 4.5 veces superior pero con una suplementación adecuada para el potencial lactacional. El estado lactacional prevalente fue entre 85.95 y 151.21 días; el cual fue avanzado para las vacas que presentaron un estado de anestro confirmado por palpación rectal para la evaluación ovárica.

En general, se ha indicado que el ganado bovino tipo leche debe haber presentado su primer celo, la primera ovulación y su primer cuerpo lúteo funcional entre los 28 y 35 días según Nebel (1998). Sin embargo, esto no siempre ocurre así; ya que la reactivación del eje hipotálamo – pituitaria – ovarios se encuentra supeditado a la influencia de factores que van desde el manejo preparto (Wattiaux, 2003) hasta la influencia nutricional (Bean y Butler, 1997) y ambiental de índole calórica (Jordan, 2003; West, 2004). El estado reproductivo de las vacas en lactación y la producción de leche fueron alteradas de acuerdo con el balance de la energía neta lactacional y la proteína total; partiendo de que la fuente de alimentación prevalente fue el forraje verde con un mínimo de suplementación mineral y vitamínica por vía parenteral.

En consecuencia se observó una alta proporción de vacas con ovarios inactivos aun cuando el periodo de producción osciló entre 86 y 151 días después del parto. Adicionalmente, se encontró la condición de anemia en promedio; ya que la media fue de  $10.71 \pm 0.697$  g/100 g de sangre. La anemia limita la capacidad para vectorizar oxígeno en los tejidos corporales; afectando la tasa metabólica,

especialmente en los órganos con menor capacidad de flujo sanguíneo como son los ovarios y otros sectores anatómicos del tracto digestivo y urogenital.

**Cuadro XVII:** Medias del perfil somático, lactacional y Hemoglobínico en las unidades experimentales en lecherías Grado C

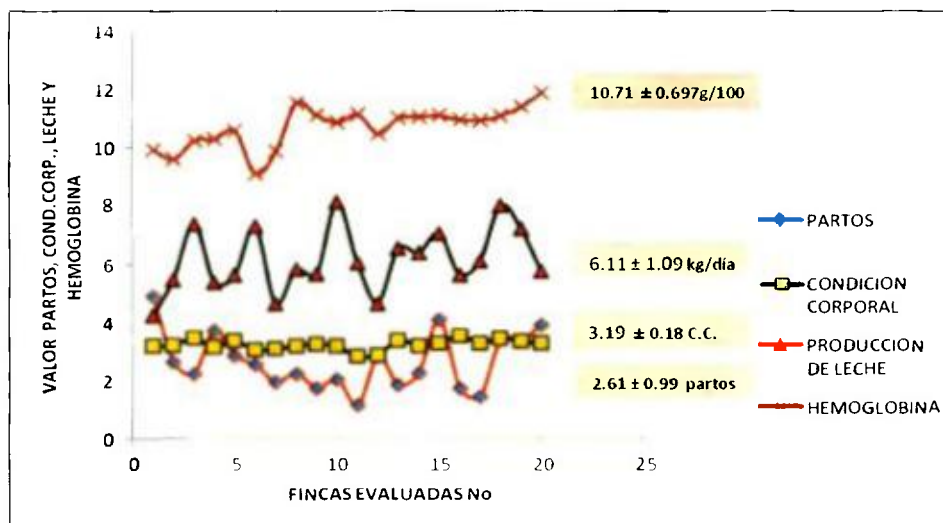
Finca no	Vacas en Ordeño No	Partos No	Peso Corporal kg	Condición Corporal*	Estado Lactacional Días	Producción de Leche Kg/Día**	Hgba g/dL
1	18	4.86	354.00	3.14	160.00	4.18	9.91
2	16	2.60	413.60	3.17	96.40	5.43	9.60
3	19	2.20	446.70	3.42	116.20	7.35	10.24
4	15	3.70	364.40	3.10	123.00	5.35	10.29
5	22	2.82	531.45	3.32	120.00	5.58	10.57
6	17	2.50	434.21	3.02	79.28	7.26	9.08
7	15	1.92	392.00	3.04	130.40	4.60	9.87
8	5	2.20	325.40	3.15	174.00	5.78	11.54
9	13	1.70	403.20	3.22	126.00	5.62	11.11
10	7	2.00	499.00	3.13	141.25	8.09	10.86
11	18	1.10	346.00	2.78	168.00	6.01	11.14
12	20	2.78	295.94	2.84	104.11	4.62	10.49
13	17	1.80	464.80	3.35	141.60	6.51	11.02
14	23	2.24	415.60	3.16	97.94	6.34	11.06
15	16	4.08	417.92	3.25	108.33	7.02	11.10
16	8	1.70	403.70	3.50	60.00	5.60	10.95
17	16	1.40	497.60	3.25	60.10	6.06	10.94
18	34	3.37	437.84	3.41	97.94	7.97	11.09
19	16	3.33	455.33	3.29	108.75	7.19	11.40
20	13	3.89	401.67	3.25	158.33	5.71	11.89
<b>Y</b>	<b>16.40</b>	<b>2.61</b>	<b>415.02</b>	<b>3.19</b>	<b>118.58</b>	<b>6.11</b>	<b>10.71</b>
DE	± 6.18	± 0.99	± 59.68	± 0.18	± 32.63	± 1.09	± 0.697
EE	± 1.38	± 0.22	± 13.34	± 0.04	± 7.29	± 0.245	± 0.156
cv%	37.71	37.92	14.38	5.66	27.51	17.91	6.52
St's T	11.86	11.99	31.10	78.92	16.25	24.97	68.63
	P<.0001	P<.0001	P<.0001	P<.0001	P<.0001	P<.0001	P<.0001

Prueba Studentizada (ST's T), Desviación Estándar (DE), Error Estándar (EE) y Coeficiente de Variación (CV). \* Edmonson et al., (1989)

Las vacas en anestro fueron el 50.91% de los animales en producción; las cuales promediaron una producción de leche diaria comercializada de  $6.11 \pm 1.09$  kg con un estado lactacional de  $118.58 \pm 32.63$  días. El peso corporal fue  $415.02 \pm 59.68$  kg y la condición corporal fue  $3.19 \pm 0.18$  en base a la escala de las reservas corporales de Edmonson *et al.*, (1989).

Las características del sistema de producción de leche tropical fundamentado en un ordeño diario según la alimentación a base de forraje verde y un periodo de amamantamiento voluntario entre las 6:00 am y 12:00 md; el estado corporal, la producción de leche y la condición corporal presentaron magnitudes superiores a otros estudios realizados en la época seca reportadas por Montezuma (2010) y en la época lluviosa en Panamá (Araúz, 2010).

**Gráfica XIV:** Tendencia central del número de partos, condición corporal, producción de leche y hemoglobina venosa en las fincas lecheras industriales.



La concentración de hemoglobina fue relativamente inferior al biológico valor de 12.5 g por cada 100 ml de sangre; ya que la media fue  $10.71 \pm 0.697$ . Esta condición hematimétrica indica que en promedio, las vacas evaluadas y en anestro presentaron una deficiencia del 14.32% en relación con su capacidad para el transporte de gases en sangre y vía sistémica; lo que constituye una limitación metabólica y funcional para el desarrollo de los procesos vitales y de

aquellos de índole biológicos interconectados con la reproducción y la capacidad sistémica para desarrollar la producción de leche propiamente.

Larson et al., (1980) no encontró que el estado hematimétrico según la concentración de hemoglobina y el hematocrito venoso influyeran sobre la producción de leche o la composición láctea. Sin embargo, las cifras encontradas en dicho estudio estuvieron muy próximas del perfil normal del bovino adulto según (Dukes y Swenson, 1995) y en consecuencia no puede indicarse que la condición hematimétrica en base al conteo eritrocítico y la hemoglobina hayan afectado la producción de leche. En estados marginales inferiores al valor hematocrito y a la hemoglobina normal; la anemia representa una limitación química, metabólica y funcional que reduce la capacidad lactacional y reproductiva en el ganado bovino y otras especies (Kolb, 1974; Schalm, 1980; Harris et al., 2003).

A pesar de que ciertos estudios no han encontrado que los niveles de hemoglobina ligeramente subnormales estén relacionados con una merma en la producción de leche; no menos cierto es que el estado de salud comprometido en la vaca durante la lactación determina que el potencial lactacional se vea reducido. Así por ejemplo, las alteraciones del estado de salud se reflejan en una reducción de la producción de leche y en el desempeño general; como en los casos de estrés calórico (McDowell, 1981; Yousef, 1985; West, 2003);, procesos infecciosos de la ubre como la mastitis (Philpot y Nickerson, 1988), enfermedades parasitarias como la anaplasmosis y piroplasmosis (Hogan y Brunner, 1999); ya que se reducen significativamente las reservas de hierro y el

contenido de hemoglobina; afectando los procesos respiratorios y metabólicos (Dukes y Swenson, 1985).

#### **4. Perfil reproductivo y actividad ovárica durante la lactación.**

La evaluación reproductiva de 328 vacas en lactación ubicadas en 20 fincas lecheras grado C indicó que 167 de estos animales presentaron la condición de anestro postparto; aun con un periodo postparto entre 86 y 151 días con un comportamiento normal ( $P < .0001$ ). Esta condición fue definida de manera estática y fundamentada en la valoración del tamaño, consistencia y presencia de estructuras en los ovarios derecho e izquierdo. Esto significa que el 51% de las vacas evaluadas presentaron anestro; siendo inferior a la cifra indicada por Nebel (2008), cuyo valor debe oscilar entre 60 y 70%, ya que a partir de los 35 a 48 días postparto se deben mantener los ovarios ciclando en un 65% de las vacas con historial de partos normales (Fricke, 1999; Holy, 2007).

El 68% de los ovarios presentaron una forma ovalada, 22% redondeados y un 10% una forma plana, pero todos con tamaño subnormal y ausencia de cuerpo lúteo funcional. Las 167 vacas en anestro presentaron ovarios pequeños, consistencia dura y/o ausencia de estructuras funcionales perceptibles; incluyendo: cuerpo lúteo y folículos avanzados como describe Hafez (1986) y Holy (2008).

Los ovarios caracterizados como inactivos fueron aquellos cuyo tamaño fue inferior a 2.0 cm, con ausencia de cuerpo lúteo funcional palpable y de

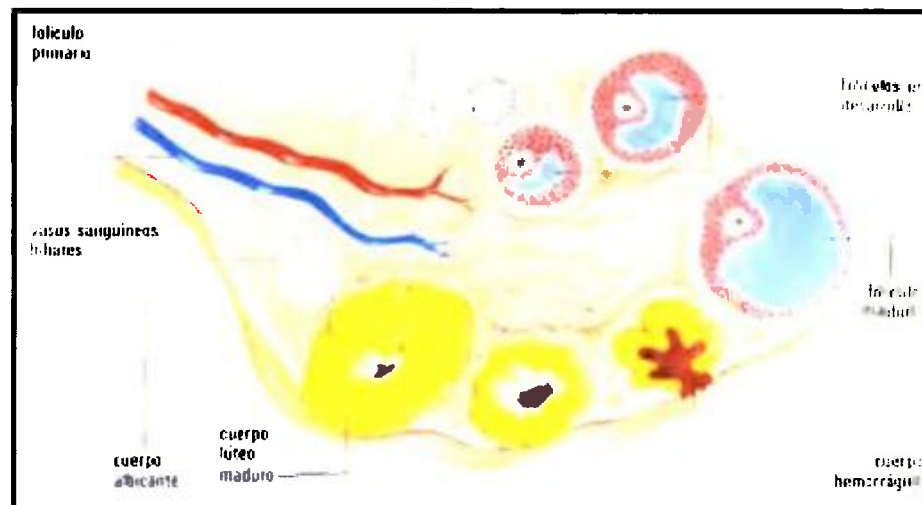
consistencia sólida al tacto manual tal como se indica en la técnica ginecológica descrita por Rothe (1979), Morrow (1980) y Sørensen (1984). El ovario normal de la vaca *Bos taurus* mide de 2.0 a 5.0 cm de largo, por 2.0 cm de ancho y 0,5 cm de grosor; mientras que el folículo preovulatorio mide entre 1,5 y 2.0 cm (Soto *et al.*, 1999).

El ovario derecho es más grande que el ovario izquierdo y el estado de actividad y la etapa del ciclo estral de la vaca son determinantes para establecer la simetría de la gónada en las hembras con capacidad reproductiva por edad y peso. El tamaño de los ovarios se ve afectado por la naturaleza genética; ya que los cebuínos presentan una gónada más pequeña que el *Bos taurus*, al igual que el ovario derecho es más grande que el izquierdo (Alba *et al.*, 2006). Sin embargo, el tamaño del ovario guarda una relación directa con las diversas estructuras que aparecen en el ovario (ver figura X); las cuales estarán definidas de conformidad con la dinámica funcional a través del ciclo estral, siempre y cuando los ovarios hayan adquirido un funcionamiento sostenible hasta que se establezca una gestación (Fricke, 1999; Holy, 2008).

Por otro lado, aunque el mayor interés en el estudio fueron las vacas con la condición de anestro; también se observó que de las 53 vacas detectadas con actividad ovárica cíclica, el 86.8% de ellas presentaron actividad en el ovario derecho y el 13.2% en el ovario izquierdo. Esta condición fue superior al

indicador relativo de función ovárica que señala que el 60% de la actividad ovárica en la vaca ocurre en el ovario derecho (Sörensen, 1979).

**Figura X:** El ovario de la vaca y sus estructuras según el ciclo estral.



Fuente: Imágenes en Internet, Google (2011).

El grupo de vacas con actividad cíclica ovárica en las 20 fincas evaluadas correspondió al 16.16% del total de hembras bovinas (304) con un estado lactacional de  $118.58 \pm 32.63$  días, una producción láctea diaria comercializada de  $6.11 \pm 0.99$  kg y un peso corporal de  $415.02 \pm 59.68$  kg respectivamente. La condición de anestro sugiere la presencia de factores que actúan simultáneamente; tales como: la producción de leche comercializada y total, limitaciones nutricionales con énfasis en la energía, proteína y minerales, el efecto del amamantamiento y sus implicaciones hormonales que afectan en conjunto la integración endocrina postparto del eje reproductivo hipotálamo – pituitaria – ovarios.

y salud (Leach y Allrich, 1991) que no favorecen la normalización del ciclo estral en la hembra rumiante dedicada a la producción de leche.

Las principales repercusiones negativas se producen a partir del largo periodo gestacional que se caracteriza por la influencia de la progesterona sobre el desarrollo de los folículos ováricos, el impacto del balance energético negativo en los primeros 60 a 90 días (Butler y Smith, 1989; Britt, 1995) y la influencia del nivel de producción de leche propiamente (López et al., 2004). No obstante, hay otros factores químicos y hormonales que también sinergían como antagónicos para ampliar la inactividad ovárica postparto, además de la influencia del largo periodo de exposición a la progesterona (Bazer y First, 1983); tales como la influencia de la hormona prolactina y la dopamina (Tucker, 1985), la competencia orgánica y del sistema mamario por la glucosa y la tendencia a la hipoglucemia lactacional con una prevalencia hipoinsulinémica (Mephram, 1983; Collier, 1985).

En consecuencia, el diestro lactacional o también llamado anestro postparto es el indicativo de que los ovarios están limitados para desarrollar su función citogénica diferenciativa, esteroidogénica y luteinogénica por la ausencia de los moduladores hormonales (FSH y LH) en asocio con problemas en el número de receptores hormonales y con un perfil bioquímico plasmático modificado por la participación de la glándula mamaria como unidad de extracción de nutrientes para la síntesis y formación de la secreción láctea (Larson, 1985).

participación de la glándula mamaria como unidad de extracción de nutrientes para la síntesis y formación de la secreción láctea (Larson, 1985).

##### **5. Modelo de alimentación y estado nutricional de las vacas en producción en las fincas lecheras industriales evaluadas**

El modelo de alimentación para la ganadería de leche artesanal en el trópico se encuentra caracterizado por el uso del forraje verde, sal mineralizada, pasto de corte, melaza y en casos muy extremos por el empleo de heno, ensilaje y alimento concentrado en pequeñas cantidades; especialmente durante la época seca (Novoa, 1979; Araúz, 1995; 2007). En consecuencia, el perfil nutricional de la vaca en producción en las fincas lecheras industriales plantea limitaciones relacionadas con el suministro de energía, proteína y vitaminas.

El modelo de alimentación de las 20 fincas incluidas en el estudio se presenta en el cuadro XIX y XX; destacando el área de pastoreo para el ganado en producción, el número de vacas en producción, la carga animal, el pasto verde utilizado, la disponibilidad de forraje verde, el tipo de pasto y el suministro estimado de materia seca, proteína, fibra total y energía neta lactacional. La bromatología y la ponderación nutricional del pasto suazi (*Digitaria swazilandensis*) y del pasto señal (*Brachiaria decumbens*) se presentan para cada finca en el cuadro XIX. La mayoría de las fincas emplean el pasto decumbens y una baja proporción utiliza el pasto suazi; lo cual obedece a las preferencias técnicas y personales.

El contenido de fibra cruda en los pastos fue moderadamente alto, sin embargo, la proteína total y fósforo fueron bajos; mientras que el valor de la energía neta lactacional fue aceptable dado la composición de los forrajes verdes, cuyo estado vegetativo es entre 18 y 24 días post pastoreo y por otra parte estos poseen un alto contenido de agua. La contribución del forraje verde fue establecida a partir de la composición bromatológica y del consumo de forraje verde estimado de los componentes como la fibra, proteína y grasa.

**Cuadro XVIII:** Bromatología e indicadores nutricionales del forraje verde en las fincas lecheras evaluadas.

<b>Bromatología y Nutrición en Base Seca</b>							
<b>Finca No</b>	<b>Pasto Utilizado</b>	<b>Materia Seca (CO) %</b>	<b>Fibra Total %</b>	<b>Proteína Total %</b>	<b>EN Leche (Mcal/Kg)</b>	<b>Ca%</b>	<b>P%</b>
1	Suazi	24.52	29.53	8.99	1.18	0.28	0.19
2	Señal	21.53	28.93	10.49	1.25	0.24	0.19
3	Señal	19.50	25.27	10.74	1.33	0.25	0.19
4	Señal	18.61	23.62	9.89	1.19	0.22	0.16
5	Señal	17.95	22.51	10.90	1.24	0.18	0.14
6	Señal	16.50	19.78	11.52	1.18	0.16	0.13
7	Señal	22.83	24.52	9.25	1.30	0.21	0.16
8	Señal	20.50	21.90	10.34	1.29	0.20	0.15
9	Suazi	22.55	30.23	10.31	1.27	0.21	0.16
10	Suazi	24.52	29.83	10.21	1.29	0.26	0.20
11	Señal	23.52	28.60	10.90	1.28	0.23	0.15
12	Señal	26.73	28.50	9.75	1.26	0.22	0.14
13	Señal	21.58	27.00	10.70	1.29	0.20	0.16
14	Señal	18.29	23.70	11.50	1.22	0.23	0.17
15	Señal	17.23	23.10	11.46	1.19	0.21	0.16
16	Señal	20.56	25.00	10.20	1.23	0.19	0.15
17	Señal	21.62	26.80	10.13	1.22	0.21	0.17
18	Señal	18.83	23.80	11.22	1.21	0.22	0.16
19	Señal	19.51	24.50	10.45	1.18	0.19	0.15
20	Señal	17.88	23.40	10.78	1.18	0.18	0.14
Promedio		20.74	25.37	9.99	1.18	0.20	0.15
Desv. Estándar		± 2.77	± 2.88	± 2.39	± 0.27	± 0.05	± 0.04
CV (%)		13.34	11.35	23.88	22.75	27.32	26.52

Se observó que la disponibilidad de la biomasa forrajera en las 20 fincas fue de 88.31 lb/vaca/día; mientras que el consumo de pasto verde estimado promedio fue 63.72 lb por vaca diariamente. Ello significa que el sistema de pastoreo en las 20 fincas mantuvo una presión de pastoreo considerable; ya que se consumió un 72.15% de la biomasa promedio. La carga animal fue de  $2.62 \pm 0.63$  vacas en producción por hectárea; las cuales presentaron un peso corporal promedio de  $415.02 \pm 59.68$  kg. No obstante, el peso corporal y el número de vacas en ordeño fueron muy variables de acuerdo con el coeficiente de variación.

Los requerimientos diarios de materia seca fueron calculados en base al peso corporal entre 350 y 475 kg y una producción diaria de leche entre 6.11 y 10.50 kg con 4% de grasa láctea. Dado que las 20 fincas lecheras evaluadas presentaron un bajo peso corporal y una baja producción de leche; los requerimientos de materia seca (RMSD% pv) fueron generados por regresión múltiple (Araúz, 2008) fue:

$$\text{RMSD}_{\% \text{ pv}} = 3.43869 - 0.00391\text{PC}_{\text{kg}} + 0.08764\text{PL}_{\text{kg}} \quad (R^2_{\text{aj.}} = 0.9853, P < .00010;$$

Donde PC es el peso corporal en kg y PL la producción de leche con 4% de grasa en kg; cuyos indicadores estadísticos se presentan en el cuadro XX. Estos resultados se muestran en el cuadro XXI y los mismos hacen énfasis en la variación del peso corporal entre 350 y 475 kg y una producción comercial de

6.11 kg con un total estimado de 10.50 kg por día; incluyendo el consumo lácteo por los terneros.

**Cuadro XIX:** Resumen de las condiciones básicas de alimentación para las vacas en producción en las fincas lecheras industriales de índole experimental.

Aporte Diario										
Finca No	Vacas en Producción	Área de pastoreo Has	Carga animal vacas/Ha	Tipo de Pasto	Biomasa Disponible de F. V. lb/vaca/día	Consumo de F.V.E. lb/día	Materia Seca lb	Fibra Total lb	Proteína Total g	ENeta leche Mcal
1	18	4.75	3.79	Swasi	86.45	54.9	13.46	3.97	548.89	7.20
2	16	6.25	2.56	Señal	92.67	65.7	14.14	4.09	672.82	8.02
3	19	5.75	3.30	Señal	93.50	72.7	14.18	3.58	690.80	8.55
4	15	6.00	2.50	Señal	79.45	58.5	10.89	2.57	488.54	5.89
5	22	7.25	3.03	Señal	95.05	76.9	13.72	3.09	678.35	7.72
6	17	5.76	2.95	Señal	76.89	52.9	9.49	2.14	469.21	5.34
7	15	8.35	1.80	Señal	98.78	69.5	11.47	2.27	599.36	6.14
8	5	2.75	1.81	Señal	83.53	62.3	12.77	2.80	598.94	7.47
9	13	4.50	2.89	Swasi	78.50	57.4	12.94	3.91	599.28	7.45
10	7	4.25	1.65	Swasi	98.75	61.6	15.10	4.50	699.32	8.83
11	18	6.20	2.90	Señal	91.50	67.8	15.94	4.56	788.11	9.25
12	20	6.00	3.33	Señal	87.46	59.5	15.90	4.53	703.19	9.09
13	17	8.50	2.00	Señal	84.59	62.3	13.44	3.63	652.31	7.86
14	23	9.20	2.50	Señal	94.70	68.2	12.47	2.96	650.49	6.90
15	16	5.50	2.91	Señal	86.97	68.6	11.82	2.73	614.43	6.38
16	8	2.50	3.20	Señal	78.55	57.9	11.90	2.98	550.58	6.64
17	16	5.75	2.78	Señal	88.73	61.6	13.31	3.57	611.59	7.36
18	34	13.00	2.62	Señal	83.57	62.9	11.84	2.82	602.58	6.49
19	16	12.00	1.33	Señal	110.67	71.5	13.94	3.42	660.77	7.46
20	13	5.00	2.60	Señal	76.00	61.6	11.01	2.58	538.37	5.89
u	<b>16.4</b>	<b>6.46</b>	<b>2.62</b>		<b>88.31</b>	<b>63.72</b>	<b>12.99</b>	<b>3.34</b>	<b>620.90</b>	<b>7.30</b>
DE	± 6.18	± 2.67	± 0.63		± 8.82	± 6.26	± 1.68	± 0.75	± 77.65	± 1.07
CV%	37.71	4.13	24.05		9.99	9.82	12.91	22.57	12.51	15.16

En todas las fincas se observó un bajo consumo de materia seca; alcanzando el 25.50% del requerimiento diario y en consecuencia, el aporte de nutrientes críticos fue limitado. El requerimiento total de materia seca detectado para las vacas de 350 kg con una producción de leche entre 6.11 y 10.5 kg por día fue entre 9.14 kg (2.61% del peso vivo) y 10.47 kg (2.99% del peso vivo). Dado que

el rango de peso factible para los animales experimentales alcanzó hasta 475 kg con una producción de leche comercial de 6.11 kg y total diaria de 10.5 kg; el requerimiento de materia seca diario para ésta categoría de peso corporal fue 10.02 kg (2.11% del peso vivo) y 11.88 kg (2.5% del peso vivo). No obstante, los requerimientos diarios de materia seca fueron determinados igualmente para vacas con pesos de 375, 400, 425 y 450 kg respectivamente.

Este marco de referencia permite evaluar hasta cierto punto el aspecto de la alimentación para la vaca en lactación; respetando al mismo tiempo los requerimientos digestivos. Satisfacer los requerimientos de materia seca es de utilidad para ponderar el estado general de la ración en la vaca lechera en producción (Wattiaux, 2003) y correlacionarla con las normas de alimentación.

**Cuadro XX:** Análisis de varianza para la ecuación de regresión del requisito de materia seca (% del peso vivo) según el peso corporal y la producción de leche al 4% de grasa láctea.

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor Fcal	Pr >F
Modelo	2	3.79032	1.89516	502.22	<.0001
Error	13	0.04906	0.00377		
Corrected Total	15	3.83938			
	Root MSE	0.06143	R-Square	0.9872	
	Dependent Mean	3.14375	Adj R-Sq	0.9853	
	Coeff Var	1.95402			
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	3.43869	0.13991	24.58	<.0001
PCKG	1	-0.00391	0.00030282	-12.92	<.0001
PLKG	1	0.08764	0.00303	28.94	<.0001

El peso corporal encontrado fue relativamente bajo en comparación con el peso referencial de las razas pesadas como en la Holstein y Pardo Suizo que según

Visser y Wilson (2006) es de 679 kg. Este resultado somático se encuentra sustentado por diversas razones; tales como: presencia del cebú a través del cruzamiento, falta de nutrientes críticos para favorecer el crecimiento cuando estos son demandados y la adaptación al medio tropical.

La repercusión inmediata de un menor peso corporal es que los requerimientos de materia seca y nutrientes son reducidos en relación con el mantenimiento; aunque el componente nutricional por producción depende del potencial lechero momento según la influencia genética tipo leche (Wilcox et al., 1978), el número de partos y el estado lactacional (Larson, 1974) y según el grado de estrés calórico prevalente en el microclima (West, 2004).

El suministro de materia seca es importante para satisfacer el requisito de carbohidratos y proteína, dado la función que posee el rumen y los compartimentos a través del complejo sistema que desarrollan las bacterias del rumen para la producción de ácidos grasos volátiles a partir de los carbohidratos estructurales y para la producción de proteína a partir del nitrógeno no proteico (Wattiaux y Howard, 2007).

El requerimiento diario mínimo de energía neta lactacional, proteína total, calcio y fósforo para el mantenimiento corporal y la producción total (leche comercial más la consumida por el ternero) fueron determinados según los valores referenciales indicados por la NRC (1989); tomando en cuenta el peso corporal

ponderado que se generó mediante el pesaje de todos los animales con el valor proximal en las 20 fincas evaluadas y una producción de leche diaria de 6.11 y 10.5 kg por vaca.

**Cuadro XXI:** Requerimientos de materia seca en vacas de leche según el peso corporal (kg, lb) y la producción de leche (kg, lb) al 4% de grasa.

Peso Corporal		Producción de Leche al 4% de Grasa		Req. materia seca	Req. de materia seca
kg	lb	kg	lb	(% del pv)	(kg)
350	771	6.11	13.47	2.61	9.14
		10.50	23.15	2.99	10.47
375	827	6.11	13.47	2.51	9.41
		10.50	23.15	2.89	10.84
400	882	6.11	13.47	2.41	9.64
		10.50	23.15	2.79	11.16
425	937	6.11	13.47	2.31	9.82
		10.50	23.15	2.69	11.43
450	992	6.11	13.47	2.21	9.95
		10.50	23.15	2.59	11.65
475	1047	6.11	10.02	2.11	10.02
		10.50	11.88	2.50	11.88

Basado según la tabla de los requerimientos nutricionales de la NRC (1989) según el procedimiento por regresión múltiple linearizada (Araúz, 2010).

El requerimiento de  $EN_{leche}$  para el peso de 350 kg y una producción de 10.5 kg fue de 15.28 Mcal con un máximo para 475 kg y la misma producción de 10.5 kg de requerimiento energético diario de 18.12 Mcal (ver cuadro XXII). La necesidad de proteína diaria total para las vacas con peso entre 350 y 475 kg y una producción diaria de 10.5 kg con 4% de grasa resultó entre 1210 y 1305 g;

mientras que el calcio fue de 47.7 a 52.7 y el fósforo diario de 29.79 a 34.79 g respectivamente.

El perfil de los requerimientos de materia seca, energía neta para mantenimiento y producción de leche y proteína fueron contrastados con el soporte de la dieta prevalente en las fincas evaluadas. El consumo de materia seca durante el periodo lactacional identificado con una producción de 6.11 kg por día estuvo asociado con un balance negativo que osciló entre -3.25 kg (350 kg) y -4.13 (475 kg); mientras que el balance de proteína total fue entre - 194 y - 289 y el estado general de la Energía Neta para mantenimiento y producción fue negativo correspondiéndole entre - 3.48 a - 5.49 Mcal por día (ver cuadro XXII).

**Cuadro XXII:** Principales requerimientos nutricionales durante la lactación según el peso corporal, la influencia ambiental y la producción de leche.

Peso kg	Requerimientos Diarios (Mantenimiento + Producción)							
	Leche con 4.0% de grasa (kg)		Materia Seca kg	EN <sub>Leche</sub> Mcal	EN <sub>Leche</sub> Ajustada Mcal	Proteína Total g	Calcio g	Fósforo g
350	6.11	13.47	9.14	10.78	12.03	815	33.60	21.09
	10.50	23.15	10.47	14.03	15.28	1210	47.70	29.79
375	6.11	13.47	9.41	11.23	12.57	848	34.61	22.09
	10.50	23.15	10.84	14.03	15.28	1243	48.71	30.79
400	6.11	13.47	9.64	11.68	13.11	868	35.64	23.09
	10.50	23.15	11.16	14.93	16.36	1263	49.70	31.79
425	6.11	13.47	9.82	12.01	13.51	880	36.61	24.09
	10.50	23.15	11.43	15.26	16.76	1275	50.70	32.79
450	6.11	13.47	9.95	12.34	13.90	891	37.61	25.09
	10.50	23.15	11.66	15.59	17.15	1286	51.70	33.79
475	6.11	13.47	10.02	12.89	14.56	910	38.61	26.09
	10.50	23.15	11.88	16.14	18.12	1305	52.70	34.79

Cifras según la referencia establecida por el NRC (1989).

Esta deficiencia fue superior cuando se consideró la producción de leche comercial y la estimada consumida por los terneros durante el periodo de amamantamiento entre las 07 am y la 01 pm como parte del modelo de ordeño con ternero al pie en las fincas evaluadas.

**Cuadro XXIII:** Balance de materia seca, energía neta lactacional y proteína total para vacas lecheras en lecherías industriales según el peso entre 350 y 475 kg y una producción diaria de 6.11 y 10.5 kg con 4% de grasa.

Mantenimiento + 6.11 kg						Mantenimiento + 10.50 kg				
Peso kg	M.S. kg	P.T. g	EN <sub>L</sub> Mcal	Ca g	P g	M.S. Kg	P.T. g	EN <sub>L</sub> Mcal	Ca g	P g
350 R	9.14	815	10.78	33.6	21.1	10.47	1210	14.54	47.70	29.79
O	5.89	621	7.30			5.89	621	7.30		
Balance	-3.25	-194	-3.48			-4.58	-589	-7.24		
375 R	9.41	848	11.23	34.6	22.1	10.84	1243	15.28	48.70	30.79
O	5.89	621	7.30			5.89	621	7.30		
Balance	-3.52	-227	-3.93			-4.95	-622	-7.98		
400 R	9.64	868	11.68	35.6	23.1	11.16	1263	16.36	49.70	31.79
O	5.89	621	7.30			5.89	621	7.30		
Balance	-3.75	-247	-4.38			-5.27	-642	-9.06		
425 R	9.82	880	12.01	36.6	24.1	11.43	1275	16.76	50.70	32.79
O	5.89	621	7.30			5.89	621	7.30		
Balance	-3.93	-259	-4.71			-5.54	-654	-9.45		
450 R	9.95	891	12.34	37.6	25.1	11.66	1286	17.15	51.70	33.79
O	5.89	621	7.30			5.89	621	7.30		
Balance	-4.06	-270	-5.04			-5.77	-665	-9.85		
475 R	10.02	910	12.89	38.6	26.1	11.88	1305	18.12	52.70	34.79
O	5.89	621	7.30			5.89	621	7.30		
Balance	-4.13	-289	-5.59			-5.99	-684	-10.8		

MS (Materia Seca) ; PT (Proteína Total); EN<sub>L</sub> (Energía Neta para Leche);

R (Requerimiento); O (Oferta Ponderal);

**Balance o Diferencial = Oferta Ponderal – Requerimiento (Mant. + Producción + ajustes)**

Es evidente que el balance negativo de materia seca, energía neta y proteína son factibles cuando la producción de leche es superior a los 5 kg diarios; cifra que se considera prevalente para las fincas lecheras grado C de acuerdo con el último estudio realizado por Montezuma et al., (2010), en especial en la zona de

bajura cuando las condiciones de pasturas se comprometen por la época seca y donde no se utiliza una suplementación especial como ocurren en otros modelos de producción lechera en el trópico al igual que en las fincas con la mayor tecnología lechera en Panamá (Araúz, 2010).

Las deficiencias de energía y proteína durante la etapa temprana de la lactación han sido identificadas como unas de las limitantes o causales de las fallas reproductivas en función de los problemas glandulares y ováricos que se traducen en fallas en los procesos de la foliculogénesis, esteroidogénesis, ovulación, luteinogénesis, calidad de los óvulos y duración del celo (Butler y Smith, 1989; Ferguson y Chalupa, 1989; Britt, 1995; Butler, 1998; Bean y Butler, 1999).

Esta condición suele ser de mayor impacto negativo cuando se incluyen los efectos negativos del medio ambiente a través del estrés calórico (Ulla et al., 1996; Hansen et al., 2000 y West, 2003) conduciendo a grandes pérdidas económicas (St-Pierre et al., 2003). En consecuencia, son diversas las estrategias que se recomiendan para prevenir los desórdenes reproductivos después del parto, entre los cuales se recomiendan el buen manejo nutricional (Hansen et al., 2000; Lucy, 2003; Harrison y Hancock, 2004; Moore y Thatcher, 2006; y Batista y Araúz, 2010).

## **6. Tendencia genérica de la producción de leche según el momentum postparto.**

El comportamiento reproductivo se modifica de acuerdo con la presión lactacional y en consecuencia la dimensión lactacional ajustada por el tiempo postparto en los primeros 50 a 125 días puede contribuir al estudio correlativo del desempeño lactacional con el desempeño reproductivo en el periodo abierto obligatorio (actividad ovárica) y electivo (presentación del celo, capacidad luteinogénica, ovulación, calidad del óvulo y supervivencia embrionaria); en especial, si el plano nutricional y climático no son adecuados para la vaca lechera (Lucy, 2003; Jordan, 2003; West, 2003). Nutricionalmente, el balance de energía en los primeros 45 días después del parto son determinantes para que el sistema endocrino y metabólico de la vaca lechera en lactación determinen el ambiente bioquímico sanguíneo que permita el restablecimiento foliculogénico inicial y con ello el inicio de la actividad cíclica del ovario en términos citológicos y endocrinos locales (Fricke, 1999; Moore y Thatcher, 2006) y con mucho más influencia en las vacas de alta capacidad productora (Gong y Webb, 2004).

Las cifras de la producción de leche en las fincas evaluadas son indicativas de que esta no fue superior a los  $10.5 \pm 1.87$  kg, es decir  $12.37$  kg por día en algún momento del periodo lactacional temprano; a pesar de que el promedio comercial fue  $6.11 \pm 1.09$  kg. La condición promedio y su tendencia ajustada por el estado lactacional indican que la producción de leche diaria que fue comercializada estuvo asociada con la siguiente regresión según el modelo de

Wood descrito por Herreras y Barreras (2000) de acuerdo con los procedimientos estadísticos realizados en el programa SAS (1997, 2000):

$$Y_n = 4.2406355 n^{0.176912070} e^{-0.003797896 (n)}$$

En cuyo caso Y representa la producción de leche diaria obtenida en un ordeño manual con ternero expresada en kg, n es el estado lactacional o el momentum del periodo lactacional en días y e es el número base exponencial 2.7183. El modelo genérico presentó un Índice de Fisher calculado de 25.94 ( $p < .0001$ ) y los componentes de la ecuación gamma incompleta conjuntamente con el análisis de varianza se presentan en el cuadro XXIV.

**Cuadro XXIV:** Análisis de varianza y componentes de la ecuación gamma incompleta para la producción de leche comercial (kg/vaca – día) en las 20 fincas lecheras Grado C evaluadas.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	3.28928976	1.64464488	25.94	<.0001
Error	203	12.87163193	0.06340705		
Corrected Total	205	16.16092169			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	YR Mean	
	0.203534	13.88710	0.251808	1.813248	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
X1	1	2.09769949	2.09769949	33.08	<.0001
X2	1	1.19159027	1.19159027	18.79	<.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
X1	1	0.27534042	0.27534042	4.34	0.0384
X2	1	1.19159027	1.19159027	18.79	<.0001
Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	
Intercept	1.443713152	0.29786844	4.85	<.0001	
X1	0.176912070	0.08489679	2.08	0.0384	
X2	-0.003797896	0.00087609	-4.34	<.0001	

La producción de leche inicial de la lactación fue estimada en 4.24 kg, la tasa de incremento desde el inicio hasta el máximo de producción fue 0.1769 kg/día, el índice de disminución lácteo a partir del máximo de producción fue - 0.003797896, el tiempo en que se produjo el pico de producción fue a los 46.58 días, la producción máxima de leche comercializada fue 9.986 kg/vaca/día y la persistencia láctea genérica fue 6.722 kg. La trayectoria de la producción de leche comercial se muestra en la gráfica XVI, en la cual se presentan la producción de leche comercial individual y la tendencia genérica de la curva de lactación comercial que evidentemente excluye el consumo de leche estimado por la cría de 4.39 kg/día. El cambio en la producción de leche entre los 15 y 47 días después del parto mostró una evolución desde 6.47 hasta 7.04 kg/día como tendencia genérica; a pesar de que el modelo de Wood indicó una producción inicial de 4.24 kg/día. La evolución positiva del rendimiento lácteo estimado fue de + 8.1% con respecto a la máxima producción estimada a los 47 días después del parto.

Esta tendencia lactacional estuvo asociada con la condición energética y proteica negativa dado las características del modelo de alimentación basado en el uso de pasto verde con una mínima suplementación mineral. El análisis del modelo de alimentación mostró que el balance energético y proteico fue negativo para el periodo lactacional cuando la producción de leche se mantuvo entre 6.11 y 10.5 kg/día. Esto significa que las reservas corporales se encontraron bajo gran presión metabólica para realizar el proceso de la producción de leche; en

cuyo caso se ha indicado con claridad la autonomía del sistema mamario para realizar la extracción de nutrientes en pro de cumplir con el potencial galactopoiético en el ganado lechero (Larson, 1974, 1985; Bauman y Currie, 1980; Bath et al. 1986). El comportamiento lactacional promedio también fue asociado con la tendencia lineal; encontrándose que la misma fue descrita por el modelo regresivo lineal:

$$\mathbf{YR \text{ (kg/vaca día)} = 7.6456 \pm 0.217 - 0.01069 \pm 0.00152 \text{ EL (DÍAS)}}$$

$$\text{(Fc = 49.22, P < .0001; R}^2\text{ajustado = 0.1860; CV = 24.31\%)}$$

La correlación entre el estado lactacional y la magnitud de la producción de leche comercial diaria fue  $-0.4357$  ( $p < .001$ ); confirmando la tendencia marcada de la decadencia lactacional en función del estado lactacional desde la primera semana hasta los 300 días de la fase de producción propiamente. La magnitud de la producción de leche en todos los puntos del periodo lactacional estuvo influenciada por la limitada capacidad nutricional del modelo de alimentación basado en el forraje verde; y en consecuencia a pesar del potencial lechero considerable de las vacas evaluadas, la producción diaria y la curva de producción fueron típicas con la trayectoria del modelo biológico en la vaca de leche y sus cruces afines (Mepham, 1985); sin embargo, la magnitud alcanzada y su trayectoria sectorial fueron inferiores al potencial máximo probable detectado (9.98 kg/vaca día); resultando la producción de leche inicial más consistente con 4.24 kg en lugar de la tendencia probable inicial entre 6.47 y 9.98 kg respectivamente para el periodo entre 15 y 47 días después del parto.



La producción de leche total diaria fue modificada al considerar el consumo de leche más probable de las crías, el cual fue establecido en 4.39 kg de acuerdo con la metodología empleada de manera restringida en todas las fincas evaluadas y en base al ajuste por el estado lactacional. Al considerar la producción de leche probable que consumen los terneros en el periodo comprendido entre las 7:00 am y 1:00 pm; se modificó la magnitud de la producción de leche diaria.

Esta modificación estuvo asociada con una nueva regresión de Wood como se describe a continuación; encontrando la siguiente regresión gamma incompleta con sus elementos descriptores:

$$Y_n = 9.099 n^{0.082219853} e^{-0.001885631 (n)}$$

Donde la producción inicial ( $A = \text{Exp}(2.208136149) = e^{2.208136149} = 2.7183^{2.208136149}$ ) resultó en = 9.099 kg/día; la tasa de incremento inicial ( $b = x1$ ) fue **0.082219853** y la tasa de disminución ( $c=x2$ ) fue **- 0.001885631** con un tiempo al máximo de producción de 43.60 días para 13.47 kg como pico de producción de leche y una persistencia de 6.8683 kg. Los descriptores del análisis por SAS se muestran en el cuadro XXV. La descripción genérica lineal de la producción de leche total diaria mostró una tendencia lineal con una decadencia por correlación de -0.35136 (<.0001).

**Cuadro XXV:** Análisis de regresión para la producción de leche total (comercial más consumida por la cría) en 20 fincas lecheras Grado C bajo el modelo de alimentación con forraje verde.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.88257765	0.44128883	18.92	<.0001
Error	203	4.73367176	0.02331858		
Corrected Total	205	5.61624942			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	YR Mean	
	0.157147	6.455010	0.152704	2.365670	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
X1	1	0.58884356	0.58884356	25.25	<.0001
X2	1	0.29373410	0.29373410	12.60	0.0005

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
X1	1	0.05947144	0.05947144	2.55	0.1118
X2	1	0.29373410	0.29373410	12.60	0.0005

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	2.208136149	0.18063702	12.22	<.0001
X1	0.082219853	0.05148415	1.60	0.1118
X2	-0.001885631	0.00053129	-3.55	0.0005

F: Índice de Fisher Calculado. X1: Coeficiente de ascenso X2: Coeficiente de descenso

## 7. Influencia de los tratamientos con el análogo sintético de la Hormona de Liberación Gonadotrópica (GnRH) más minerales y vitaminas sobre la actividad ovárica y el desempeño reproductivo en vacas anéstricas en lecherías industriales

En el estudio se utilizó como referencia vacas cruzadas en estado lactacional con anestro postparto; ubicadas en diversas fincas lecheras industriales que pertenecen a los distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón. Los tratamientos fueron conformados por el análogo sintético de la GnRH Acetato de Buserelina, el cual fue aplicado con diferentes tónicos minerales en pro de facilitar la reactivación de los ovarios en las vacas con anestro confirmado por la evaluación ovárica según el tamaño y la textura.

Los principales tratamientos aplicados en las vacas anéstricas se describen en el cuadro XXVI. Un total de ocho tratamientos según las combinaciones con el Fosfomin, Solución Antianémica®, Becafor® y AD3E® fueron aplicados por vía intramuscular para evaluar su posible acción para restablecer la actividad ovárica y poder habilitar la gestación. El Fosfomin® fue utilizado como fuente de fósforo orgánico con una dosis de 20 ml de producto aplicado por vía intramuscular en la región glútea media en una sola dosis. No obstante, este producto contiene además del fósforo, otros minerales incluyendo: Mn, Se y Zn. La vitamina AD<sub>3</sub>E fue incluida en alguno de los tratamientos en dosis de 5 ml IM; la cual posee una concentración de vitamina A 500,000 UI/ml, vitamina D 75,000 UI/ml y vitamina E 50 mg/ml.

La solución Antianémica fue empleada como fuente de Fe (100 mg/ml), Cu (0.25 mg/ml), Co (0.025 mg/ml) y Zn (0.025 mg/ml) con el complemento de cianocobalamina (0.008 mg/ml) a una dosis volumen producto de 15 ml por vía intramuscular en la región semitendinosa lateral.

La presentación de estos productos se muestran en la las siguientes figuras; las cuales se anexaron al tratamiento con GnRH a partir del análogo sintético con el productor Gestar® elaborado por los laboratorios OVER (2007).

**Figuras XI, XII, XIII y XIV:** Ilustración del Gestar, Fosfomin, Complejo Vitamínico AD<sub>3</sub>E y Solución Antianémica.



Laboratorios OVER, Argentina (2010).

FOSFOMIN<sup>®</sup> Inyectable



Laboratorios, Colombia, 2010.



Laboratorios Bago, 2009.



Laboratorios Cheminova, 2010.

Fuente: Internet, 2010; Información técnica de los productos (2010).

El tratamiento con Gestar® consistió en la aplicación de 5 ml de la solución estéril de Acetato de Buserelina a razón de 5ml vía IM; por lo cual cada vaca anéstrica tratada recibió 0.021 mg de Acetato de Buserelina (Análogo sintético de la Hormona de Liberación Gonadotrópica o GnRH). Este tratamiento fue reforzado con otras opciones como fuentes de minerales (Fe, Co, Co y Zn) y en dos casos con vitamina AD<sub>3</sub>E o con vitamina E y selenio.

Los tratamientos que incluyeron al Gestar fueron complementados con otros productos nutreceptivos que formaron las siguientes combinaciones para tratar de modificar la función ovárica cuando la condición funcional fue establecida como aciclia bilateral ovárica o anestro lactacional según la técnica descrita por Rothe (1979) y Morrow (1980); partiendo del tratamiento exclusivo con GnRH:

Gestar (5 ml)

Gestar (5 ml) + Fosfomin (20 ml )+ AD<sub>3</sub>E (5 ml)+ Solución Antianémica (20 ml)

Gestar (5 ml) + Fosfomin (20 ml) + solución Antianémica (20 ml)

Gestar (5 ml) + Fosfomin ( 20 ml)

Gestar (5 ml) + Fosfomin (20 ml) + Becafor (20 ml)

Gestar (5 ml) + solución Antianémica (20 ml); mientras que otras posibles combinaciones aplicadas experimentalmente fueron: Fosfomin (20 ml) + Solución Antianémica (20 ml); Fosfomin + Becafor y el grupo control (código 35) que fueron vacas con anestro postparto que no recibieron ningún producto hormonal y/o nutreceptivo (ver Cuadro XXVI), pero si el seguimiento reproductivo de la detección de celo, evaluación ovárica y el registro de la monta natural si el animal hubiese presentado celo respectivamente. Este seguimiento fue realizado en los siguientes 90 días después de aplicado el tratamiento en cada finca evaluada. La aplicación de GnRH sintético fue complementada con fósforo orgánico, Hierro, Cobre, Cobalto y Zinc y vitamina AD<sub>3</sub>E y con fósforo, vitamina E y Selenio.

**Cuadro XXVI:** Tratamientos según la combinación de GnRH (Acetato de Buserelina), minerales y vitaminas para su evaluación en vacas anéstricas en estado lactacional en Fincas Lecheras Industriales.

Tratamiento y Código	Gestar	Fosfomin	AD <sub>3</sub> E	Solución Antianémica	Becafor	Animales por tratamiento
I (6)	5 ml	20 ml	5 ml	15 ml	-	21
II (15)	5 ml	20 ml	-	15 ml	-	38
III (28)	5 ml	20 ml	-	-	-	26
IV (33)	5 ml	20 ml	-	-	20 ml	10
V (25)	-	20 ml	-	-	20 ml	11
VI (34)	5 ml	-	-	-	-	14
VII (17)	5 ml	20 ml		15 ml	20 ml	12
VIII (12)		20 ml		15 ml		14
						$\sum n_i = 146$
IX (35)	-	-	-	-	-	19

### 7.1. Características somáticas, lactacionales y hematimétrica de las vacas anéstricas tratadas con Acetato de Buserelina y productos nutreceúticos.

Un total de 123 vacas anéstricas en estado lactacional fueron seleccionadas luego del examen reproductivo y la evaluación de sus ovarios mediante la técnica transrectal para asignarlas a nueve tratamientos o condiciones impuestas en función del uso del Gestar® como fuente de GnRH y al complemento nutreceútico a base de minerales y vitaminas. De los nueve tratamientos utilizados, seis incluyeron el Gestar® y los otros tres fueron controles experimentales parciales. El estado general de las vacas anéstricas según el peso corporal, la condición corporal, el estado lactacional y la concentración de hemoglobina fueron estudiados mediante el análisis de

varianza para establecer la posibilidad de alguna diferencia estadística de los animales asignados según los tratamientos utilizados.

Un total de 146 vacas de 220 vacas en lactación fueron distribuidas en ocho tratamientos; entre los cuales, al menos el animal recibió una aplicación nutreceptiva con minerales y/o vitaminas AD<sub>3</sub>E o E; mientras que la mayoría recibió GnRH más uno o más productos nutreceptivos. La condición general de todos los animales fue ponderada en base al número de partos, el peso corporal, la condición corporal según Edmonson *et al.*, (1989), el estado lactacional y la producción de leche comercial determinada por el pesaje directo en las horas de la mañana; verificada durante tres semanas consecutivas.

El análisis de varianza indicó que el número de partos fue diferente entre los animales asignados a los ocho tratamientos principales ( $P < .01$ ); sin embargo, los animales fueron homogéneos en su peso corporal ( $P > .29$ ), el estado lactacional ( $p > .24$ ) y la producción de leche diaria comercializada ( $P > 0.29$ ), lo cual demuestra la equivalencia somática y del tiempo en ordeño de los animales entre los diversos tratamientos; sin evidenciar una diferencia estadística entre el potencial lechero detectado al momento del estudio (ver cuadros XXVI y XXVII).

Entre las condiciones previas al estudio incluidas como descriptoras del estado general de los animales experimentales, se encontró que la condición corporal ( $P < .01$ ) y el estado hematimétrico según la hemoglobina ( $P < .0001$ ) mostraron diferencias entre los tratamientos. En consecuencia, el análisis de los

parámetros reproductivos incluyeron los ajustes por condición corporal y hemoglobina cuando se mantuvo en la base de datos los animales que respondieron en forma positiva a los tratamientos y aquellos que no respondieron respectivamente.

Las diferencias estadísticas de los parámetros descriptores de la condición de las vacas anéstricas antes de aplicar los tratamientos para evaluar la reactivación ovárica, el celo, la formación de cuerpo lúteo y el establecimiento de la preñez a partir del servicio natural fueron establecidas para establecer cierta heterogeneidad de interés experimental y las medias para cada uno de los tratamientos con el objetivo de ilustrar la condición específica de cada grupo de animales dentro de cada condición impuesta como tratamiento reproductivo para inducir la posible reactivación ovárica y restauración del ciclo estral en vacas cruzadas anéstricas en el sistema de producción lechera industrial en los distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón. En el cuadro XXVIII se presentan las medias de los principales indicadores somáticos, lactacionales y reproductivos para cada tratamiento.

El número de partos de los animales experimentales mostró una variación estadística ( $P < .01$ ); no obstante, todos los animales utilizados en el estudio fueron relativamente jóvenes; ya que la gran mayoría de ellos presentaron menos de cinco partos. El rango típico fue entre dos y cuatro partos para todos los tratamientos que se aplicaron combinando en su mayoría al GnRH con los nutreceúuticos; buscando la reactivación ovárica. El número de partos observado

fue de  $1.91 \pm 0.90$  a  $3.92 \pm 2.33$ ; por lo cual los animales experimentales fueron clasificados como funcionales según la edad.

Otros indicadores prevalentes que sirvieron como indicadores o descriptores de los animales experimentales fueron el peso corporal ( $P > .05$ ), la condición corporal ( $P < .0147$ ) y el estado lactacional ( $P > .2453$ ) como se presenta en el cuadro XXV. En particular, la condición corporal fue diferente entre los tratamientos; por lo cual el estado de las reservas corporales entra como un factor de ajuste para el análisis estadística de los parámetros reproductivos.

La condición corporal genérica osciló entre  $3.16 \pm 0.27$  a  $3.43 \pm 0.29$ ; mientras que el peso corporal fue entre  $364.08 \pm 42.04$  a  $453.18 \pm 63.88$  kg. En general estos pesos se encuentran identificados con el estándar somático en las razas cruzadas ya que en todas las fincas se observó que la condición racial prevalente fue el cruce de ganado cebuino por ganado europeo tipo leche. El peso corporal de los animales experimentales fue categorizado entre pequeño y mediano de acuerdo con el perfil somático del ganado bovino tipo leche descrito originalmente por Becker en 1957; lo cual se mantiene vigente hasta la fecha de acuerdo con el agrupamiento por peso indicado por Visser y Wilson (2006).

El análisis de varianza para la magnitud de la producción de leche diaria que fue comercializada por vaca en las diferentes fincas fue homogénea (ver cuadro XXVII) ya que no se detectó diferencias estadísticas ( $P > .05$ ) y por ende éste descriptor previo no fue un factor de covariación requerido en el análisis reproductivo post tratamiento (Cuadro XXVII).

**Cuadro XXVII:** Resumen del análisis de varianza para el número de partos, el peso corporal y el estado lactacional en las vacas anéstricas para la evaluación de la reactivación ovárica mediante el GnRH y la nutreceútica.

### NUMERO DE PARTOS

Source	DF	Sum of Squares Type III	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	7	52.29257760	7.47036823	2.69	0.0108
Error	212	588.0892406	2.7740059		
Corrected Total	219	640.3818182			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	PARTOS Mean	
	0.081658	63.83582	1.665535	2.609091	

### PESO CORPORAL (KG)

Source	DF	Sum of Squares Type III	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	7	58895.33678	8413.61954	1.21	0.2961
Error	212	1469045.863	6929.462		
Corrected Total	219	1527941.200			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	PCKG Mean	
	0.038546	20.46298	83.24339	406.800	

### CONDICION CORPORAL

Source	DF	Sum of Squares Type III	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	7	1677.944149	239.706307	2.57	0.0147
Error	212	19788.97598	93.34423		
Corrected Total	219	21466.92013			
R- Square	Coeff var	Root MSE	CC Mean		
0.078164	248.8469	9.661482	3.882500		

### ESTADO LACTACIONAL (DIAS)

Source	DF	Sum of Squares Type III	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	7	41867.153	5981.022	1.31	0.2453
Error	212	965550.122	4554.482		
Corrected Total	219	1007417.274			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	ELDIAS Mean	
	0.041559	56.27129	67.48690	119.9313	

El número de animales que presentaron celo asociado con un servicio por monta natural después del tratamiento fue empleado como un indicador para medir la influencia de los tratamientos con GnRH sintético más un suplemento

nutreceúico sobre la actividad de los ovarios en vacas con antecedentes de aciclia verificada mediante la palpación transrectal.

El análisis de varianza para las vacas que presentaron celo después del tratamiento para el tiempo en que se produjo la respuesta y para los animales que resultaron preñados en relación con el número de animales servidos fue ajustado por la condición corporal y el contenido de hemoglobina siendo los de mayor contribución variativa.

**Cuadro XXVIII:** Análisis de varianza para la Producción de Leche Comercial Diaria (kg) y la concentración de Hemoglobina (g/100 ml) en las vacas anéstricas experimentales para la evaluación de la reactivación ovárica mediante el GnRH y la nutreceúica.

---

**PRODUCCION DE LECHE COMERCIALIZADA (KG/VACA DIA)**

Source	DF	Sum of Squares Type III	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	7	24.1068036	3.4438291	1.21	0.2986
Error	212	603.5329141	2.8468534		
Corrected Total	219	627.6397177			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	PLCKG Mean	
	0.038409	26.18475	1.687262	6.443682	

---

**HEMOGLOBINA (g/100 ML)**

Source	DF	Sum of Squares Type III	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	7	44.3495762	6.3356537	18.55	<.0001
Error	212	72.4161598	0.3415857		
Corrected Total	219	116.7657359			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	HGBA Mean	
	0.379817	5.336565	0.584453	10.95186	

---

El resultado del servicio natural traducido en una preñez verificada por palpación transrectal fue influido mayormente por el estado hematimétrico según la concentración de hemoglobina en las vacas anéstricas al momento de

implementar los tratamientos con GnRH y el suplemento nutreceptivo simultáneo (P<.05); aunque hubo diferencias entre los tratamientos (P<.05).

**Cuadro XXIX:** Análisis de varianza – covarianza para la presentación del celo después del tratamiento hormonal y/o nutreceptivo aplicado en vacas anéstricas en lecherías Grado C.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	48.9096777	16.3032259	6.44	0.0004
Error	141	356.7163885	2.5299035		
Corrected Total	144	405.6260662			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	PCELO Mean	
	0.120578	24.70010	1.590567	6.439517	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	1	0.24774051	0.24774051	0.10	0.7548
CONC	1	8.39827533	8.39827533	3.32	0.0706
HGBA	1	40.26366189	40.26366189	15.92	0.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	1	0.55341461	0.55341461	0.22	0.6407
CONC	1	7.09350265	7.09350265	2.80	0.0963
HGBA	1	40.26366189	40.26366189	15.92	0.0001
		Standard			
Parameter	Estimate	Error	t Value	Pr >  t	
Intercept	6.139717830	0.78156744	7.86	<.0001	
TRAT	0.027623340	0.05906128	0.47	0.6407	
CONC	0.002745895	0.00163986	1.67	0.0963	
HGBA	-0.007949047	0.00199256	-3.99	0.0001	

TRAT: Tratamiento; CONC: Condición Corporal; HGBA: Hemoglobina

El perfil adulto hemoglobínico normal del bovino adulto es de 12 a 13 g/100 ml (Dukes y Swenson, 1985); aunque se considera normal hasta 11.5 g/100 ml (Schalm, 1980). La condición de anemia genérica se encuentra relacionado con una reducción en la oxigenación histológica y celular y al mismo tiempo con el aumento en la concentración de dióxido de carbono; lo cual interfiere con el metabolismo celular y orgánico en los sectores de mayor sensibilidad funcional; tales como: cerebro, hígado, riñones, glándulas endocrinas, músculos en actividad y centros hematopoyéticos (Schalm, 1980; Kolb, 1974).

**Cuadro XXX:** Análisis de varianza – covarianza para el resultado del servicio natural (% de preñez) en las vacas anéstricas en lecherías Grado después de ser tratadas con Acetato de Buserelina con soporte nutreceptivo.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	8.2610086	2.7536695	3.30	0.0224
Error	140	116.9612136	0.8354372		
Corrected Total	143	125.2222222			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	RESNAT Mean	
	0.065971	38.71154	0.914023	2.361111	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	1	4.47527229	4.47527229	5.36	0.0221
CONC	1	0.31934463	0.31934463	0.38	0.5374
HGBA	1	3.46639167	3.46639167	4.15	0.0435

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	1	4.26367787	4.26367787	5.10	0.0254
CONC	1	0.13472400	0.13472400	0.16	0.6886
HGBA	1	3.46639167	3.46639167	4.15	0.0435

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	2.752476425	0.49060923	5.61	<.0001
TRAT	-0.076974932	0.03407329	-2.26	0.0254
CONC	0.000417024	0.00103847	0.40	0.6886
HGBA	-0.002367310	0.00116218	-2.04	0.0435

TRAT: Tratamiento; CONC: Condición Corporal; HGBA: Hemoglobina

El estándar somático y corporal de los animales experimentales se muestra en el cuadro XXXI; lo cual evidencia que los animales se encontraban en el margen de la condición y el estado apropiado de las reservas corporales según la condición corporal descrita por Edmonson et al., (1989) a pesar de que el sistema de alimentación es fundamentado en el uso del forraje verde como fuente principal de alimentación y nutrientes.

Los animales utilizados poseían una influencia cebuina por lo cual el estado general somático y de las reservas fijado para el periodo lactacional a menos de 90 días después del parto mostró una baja condición corporal; promediando 2.68

± 0.16 de acuerdo con la escala de Edmonson et al., (1989). En consecuencia se encontró que las vacas en lactación bajo el sistema de alimentación a base de pasto en las fincas grado C alcanzan una baja condición corporal que es estrechamente asociada con el bajo consumo de proteína y sustancias de valor energético; generando un balance de energía y proteína negativo.

**Cuadro XXXI:** Análisis de varianza para el tiempo post-tratamiento en que se presentó el celo que fue asociado con la monta natural en vacas con problemas de anestria en lecherías Grado C.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	44.7142015	6.3877431	6.59	<.0001
Error	137	132.8010357	0.9693506		
Corrected Total	144	177.5152372			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	TPPCELO Mean	
	0.251889	9.104574	0.984556	10.81386	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	7	44.71420154	6.38774308	6.59	<.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	7	44.71420154	6.38774308	6.59	<.0001

La deficiencia de energía y proteína durante el periodo crítico de la lactación han sido factores que se han identificado como limitantes de la restauración glandular y hormonal para el normal funcionamiento de los ovarios y el restablecimiento del ciclo estral en la vaca de leche (Lucy *et al.*, 1992; Lucy, 2003; Ahmed, 2007). Esta condición en parte se define debido a la baja disponibilidad de pasto verde y al limitado contenido de proteína y energía de las

gramíneas cuando la dieta; tal como ocurre en los sistemas de alimentación a base de pastoreo en el medio tropical cuando no se emplea la suplementación con granos y derivados de la industria afín; es decir cuando no se utiliza alimentos concentrados como fuentes de proteína y energía propiamente (Araúz, 1997).

**Cuadro XXXII:** Medias del número de partos, peso corporal y condición corporal de las vacas anéstricas experimentales.

Tratamientos	n <sub>i</sub>	Partos (n)	Peso Corporal (kg)	Condición Corporal
I (G+F+AD <sub>3</sub> E+SA)	21	2.86 ± 1.85	421.38 ± 84.01	3.18 ± 0.33
II (G+F+SA)	38	2.42 ± 1.50	404.21 ± 88.20	3.16 ± 0.27
III (G+F)	26	2.35 ± 1.65	416.58 ± 44.27	3.26 ± 0.37
IV (G+F+B)	10	3.10 ± 1.60	415.80 ± 67.06	3.25 ± 0.31
V (G+F+SA+B)	12	1.91 ± 0.90	364.08 ± 42.04	3.15 ± 0.26
VI (G)	14	3.58 ± 2.23	394.25 ± 63.61	3.35 ± 0.16
VII (F+B)	11	2.27 ± 1.95	453.18 ± 64.88	3.43 ± 0.29
VIII(F+SA)	14	3.92 ± 2.33	392.35 ± 62.54	3.37 ± 0.16

G (Gestar), F(Fosfomin), SA(Solución Antianémica), B(Becafor), AD<sub>3</sub>E(Vitamina A, D y E)

La condición general de los animales experimentales estuvo asociada con un número de partos y una edad aceptable en términos biológicos con una condición corporal moderada aunque si se evidenció la condición baja por debajo de los 90 días después del parto.

**Cuadro XXXIII:** Medias del estado lactacional, producción de leche comercializada y hemoglobina venosa en las vacas anéstricas experimentales según los tratamientos utilizados.

Tratamientos	n <sub>i</sub>	Estado Lactacional (Días)	Producción de Leche Comercial (kg)	Hemoglobina (sangre venosa) (g/100 ml)
I (G+F+AD3E+SA) (6)	21	109.7 ± 61.5	6.34 ± 1.75	9.62 ± 0.84
II (G+F+SA) (15)	38	126.5 ± 69.5	6.43 ± 1.72	11.13 ± 0.48
III (G+F) (28)	26	96.1 ± 64.2	6.16 ± 1.53	11.18 ± 0.40
IV (G+F+B) (29)	10	139.5 ± 63.3	7.51 ± 1.71	11.23 ± 0.37
V(G+F+SA+B) (17)	12	132.9 ± 56.8	6.17 ± 1.86	10.73 ± 1.32
VI (G) (34)	14	103.9 ± 52.2	6.93 ± 1.60	10.81 ± 0.57
VII(F+B) (25)	11	140.5 ± 94.9	6.89 ± 1.89	11.06 ± 0.54
VIII(F+SA) (12)	14	98.4 ± 61.0	5.87 ± 1.27	11.09 ± 0.29

G(Gestar), F(Fosfomin), SA(Solución Antianémica), B(Becafor), AD3E(Vitamina A, D y E)

El perfil hemoglobínico fue subnormal en todos los grupos; sin embargo, tres de los cuatro tratamientos recibieron animales con una hemoglobina venosa entre 9.62 y 10.81 g/100 ml. La producción de leche que fue comercializada fue moderadamente baja; no obstante, se observó un rango entre 5.87 y 7.51 kg • vaca<sup>-1</sup> • día<sup>-1</sup>. Esta producción es muy superior a las cifras reportadas para fincas grado C para 1994, donde se indicó un promedio diario por animal de 2.75 kg (MIDA, 1974); lo que indica que han ocurrido cambios sustanciales en diversos componentes incluyendo: genética, pasturas y manejo sanitario. En todas las fincas evaluadas se observó la subnutrición energética y proteica durante el periodo lactacional; tal como se caracterizan las fincas lecheras Grado C en Panamá.

## **7.2. Influencia de la Hormona de Liberación Gonadotrópica (GnRH) y el soporte nutreceptivo sobre la respuesta ovárica, manifestación del celo y establecimiento de la gestación en vacas con anestro postparto lactacional.**

La hormona de liberación gonadotrópica sintética o análogo del GnRH a través del acetato de Buserelina fue utilizado con varios productos nutreceptivos a base de fósforo, hierro, cobre, cobalto, zinc, selenio y vitaminas A, D<sub>3</sub> y E para buscar la restauración de la actividad ovárica, la normalización del ciclo estral y el establecimiento de la gestación propiamente. Un total de cinco tratamientos a base del análogo sintético del GnRH en combinaciones con minerales y vitaminas fueron utilizados para tratar de modificar la estática ovárica postparto en vacas lecheras en fincas industriales en los distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón.

Los tratamientos utilizados fueron: I (Gestar® + Fosfomin® + AD3E® + Solución Antianémica®), II (Gestar®+ Fosfomin® + Solución Antianémica®), III (Gestar® + Fosfomin®), IV (Gestar® + Fosfomin® + Becafor®), V (Gestar® + Fosfomin® + Solución Antianémica + Becafor®), VI (Gestar), VII (Fosfomin + Becafor®), VIII (Fosfomin® + Solución Antianémica®) y IX (Solución Salina Fisiológica o Control Absoluto). Además de las variables descriptivas de los animales (peso, partos, estado lactacional, condición corporal, producción de leche comercializada y hemoglobina venosa), se utilizó como indicadores a la proporción de animales que presentaron celo, tiempo al celo después del tratamiento, preñeces a partir

del servicio por monta natural y eficiencia total del modelo de manejo hormonal y nutreceútico ante la condición de anestro.

**Cuadro XXXIV:** Análisis de varianza para los animales que presentaron celo, el tiempo en que apareció el celo y el resultado de la preñez después del servicio natural según los tratamientos impuestos en las vacas anéstricas.

PROPORCIÓN DE ANIMALES CON PRESENTACION DEL CELO					
Source	DF	Sum of Squares Type III	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTOS	7	3.03505155	0.43357879	8.04	<.0001
Error	89	4.80000000	0.05393258		
Corrected Total	96	7.83505155			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	PCELO Mean		
0.387368	7.849020	0.232234	2.958763		

TIEMPO EN QUE APARECIO EL CELO (DIAS)					
Source	DF	Sum of Squares Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTOS	7	1190.420103	170.060015	2.58	0.0179
Error	89	5857.250000	65.811798		
Corrected Total	96	7047.670103			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	TPPCELO Mean		
0.168910	30.70259	8.112447	26.42268		

RESULTADO DEL SERVICIO POR MONTA NATURAL					
Source	DF	Sum of Squares Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTOS	7	4.95228277	0.70746897	0.88	0.5220
Error	89	71.17142857	0.79967897		
Corrected Total	96	76.12371134			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	RESNAT Mean		
0.065056	36.29374	0.894248	2.463918		

La proporción de animales que presentaron celo fue afectada por la naturaleza de los tratamientos ( $p < .001$ ); así como también el tiempo post tratamiento en que apareció el celo ( $P < .05$ ). No obstante, el resultado de la preñez no mostró diferencias cuando se contempló la proporción de animales con celo que habían tenido un servicio y que resultaron preñadas. Los resultados de todos los tratamientos aplicados se presentan en el cuadro XXXV; los cuales serán discutidos de acuerdo con la naturaleza de cada tratamiento.

**Cuadro XXXV:** Sinopsis de las medidas de los parámetros reproductivos y las condiciones previas al tratamiento hormonal y nutreceptivo de las vacas con anestro lactacional en lecherías industriales en los Distritos de Alanje, Bugaba y Boquerón.

<b>TRATAMIENTOS HORMONALES Y NUTRECEUTICOS</b>								
Parámetros Reproductivos y sus antecedentes promedios por Tratamiento	Gestar Fosfomin AD <sub>3</sub> E Solución Antianémica	Gestar Fosfomin Solución Antianémica	Gestar Fosfomin	Gestar Fosfomin Becafor	Gestar Fosfomin Solución Antianémica Becafor	Gestar	Fosfomin Becafor	Fosfomin Solución Antianémica
Observaciones (n)	21	38	26	10	12	14	11	14
Número de Partos	2.86	2.42	2.35	3.10	1.91	3.58	2.27	3.92
Estado Lact. (días)	109.7	126.5	96.1	139.5	132.9	103.9	140.5	98.4
Peso Corporal (kg)	421.3	404.2	416.5	415.8	364.0	394.2	453.1	392.3
Condición Corporal	3.18	3.16	3.26 <sup>a</sup>	3.25 <sup>a</sup>	3.15 <sup>a</sup>	3.35 <sup>a</sup>	3.43 <sup>a</sup>	3.37 <sup>a</sup>
Producción Leche Comercial (kg)	6.34	6.43	6.16	7.51	6.17	6.93	6.89	5.87
Hgba (g/100 ml)	9.62	11.13	11.18	11.18	10.23	10.73	11.06	11.09
Presentación de celo (%)	71.43	74.36	80.77	80.00	78.57	57.14	25.00	25.00
Tiempo al Celo (días)	27.86 <sup>a</sup>	26.46 <sup>a</sup>	27.80 <sup>a</sup>	23.57 <sup>a</sup>	16.00 <sup>b</sup>	27.12 <sup>a</sup>	23.8 <sup>a</sup>	37.00 <sup>b</sup>
Preñeces a partir del Servicio Natural (%)	73.33 <sup>a</sup>	79.31 <sup>b</sup>	76.19 <sup>a</sup>	71.43 <sup>a</sup>	80.00 <sup>b</sup>	62.5 <sup>b</sup>	67.70 <sup>b</sup>	50.00 <sup>c</sup>
Eficiencia Total del Modelo Reproductivo y Nutreceptivo (%)	52.38	58.97	61.54	57.14	62.88	35.71	16.94	12.50

### **7.2.1. Influencia del GnRH sobre la reactivación ovárica a partir de la condición del anestro lactacional.**

Un total de 14 vacas anéstricas en estado lactacional fueron tratadas con Acetato de Buserelina a razón de 0.021 mg por vía intramuscular mientras que otras 14 vacas anéstricas recibieron 5 ml de solución salina fisiológica por vía intramuscular siendo éste el grupo control. Los animales se les dio el seguimiento por hasta 90 días después del tratamiento para detectar la presentación del celo. Igualmente, los ovarios fueron evaluados en aquellos animales que no presentaron el celo y los que presentaron servicio se les realizó el diagnóstico de la preñez entre 60 a 75 días después del servicio.

La aplicación de Acetato de Buserelina (Análogo sintético de la GnRH) en las vacas anéstricas indicó luego del seguimiento reproductivo en los siguientes 120 días que el 57.14% de los animales presentó un celo detectable que fue asociado con una monta natural. De los animales que no presentaron celo, el examen ovárico rutinario indicó que el 33% presentó una estructura luteínica funcional por tamaño; mientras que cuatro de los animales tratados que no presentaron celo fueron encontrados con ovarios cuyo estado fue persistentemente sólidos y pequeños.

Los animales tratados presentaron un celo en promedio a los de  $27.12 \pm 6.45$  días después del tratamiento. De los animales con presentación de celo y

monta natural solo el 62.5% resultaron preñadas según la evaluación reproductiva entre los 60 y 75 días después del servicio. La eficiencia total según la presentación del celo y el establecimiento de la preñez después del servicio natural en las vacas anéstricas tratadas con Acetato de Buserelina fue 35.71%; mientras que en el control absoluto solo se presentaron dos vacas con celo en 78.43 días que fueron preñadas y su eficiencia celo – preñez fue 14.29% (gráfica XVI).

**Cuadro XXXVI:** Resumen de las características somáticas, lactacionales y reproductivas de las vacas anéstricas tratadas con Acetato de Buserelina como fuente de GnRH.

TRATAMIENTO: Acetato de Buserelina (Análogo del GnRH)									
jmo	P	PC Kg	CC	EL Día	PLC kg	Hgba g/100 ml	PRCE	TAPC Días	RSN
1	2	476	3.50	15	5.50	10.90	+	34	+
2	3	409	3.50	150	5.20	11.70	-	-	-
3	3	514	3.50	120	5.85	10.51	-	-	-
4	7	337	3.25	120	6.75	10.97	+	28	-
5	1	400	3.25	240	4.00	11.12	+	34	+
6	5	385	3.25	180	4.50	11.00	-	-	-
7	2	385	3.50	60	4.00	11.30	+	29	+
8	5	321	3.50	22	7.60	11.10	-	-	-
9	7	315	3.25	60	6.90	11.23	+	33	-
10	1	391	3.50	95	6.60	11.18	+	19	-
11	1	347	3.50	90	7.80	10.75	-	-	-
12	5	448	3.00	95	4.67	10.90	+	22	+
13	6	450	3.5	70	5.90	11.35	-	-	-
14	7	315	3.25	60	6.9	11.23	+	18	+
							8/14 57.14%	27.25 ± 6.45	5/8 62.50%
Eficiencia Total según la presentación de celo y el establecimiento de la Preñez = 35.71%									

P (Partos); PC (Peso Corporal kg); CC (Condición Corporal); EL (Estado Lactacional);

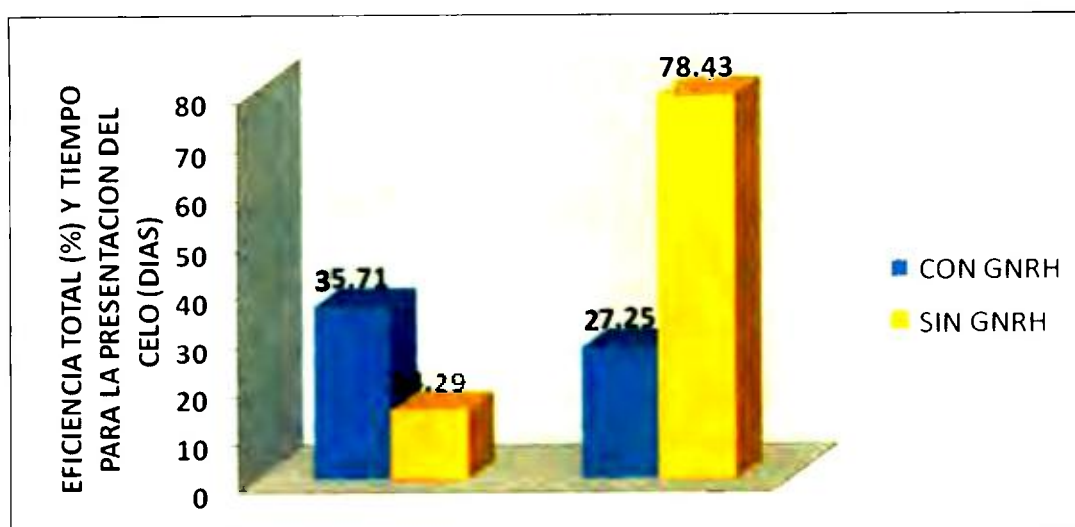
PLC (Producción de Leche Comercial kg); Hgba (Hemoglobina g/100 ml);

PRCE (Presentación del Celos); TAPC (Tiempo para la presentación del celo);

RSN (Resultado del Servicio Natural).

La aplicación de GnRH a través del acetato de Buserelina disminuyó el tiempo para que las vacas anéstricas presentaron un celo asociado con la monta natural, aumentaron la tasa de presentación de celo y de preñez; así como la eficiencia reproductiva total (ver gráfica XVII). El contraste entre el tratamiento con GnRH y el grupo control en base al producto generado a partir de la tasa de presentación de celo y la tasa de gestación alcanzada fue 21.42% respectivamente (  $P < .001$ ).

**Gráfica XVII:** Proporción de vacas con celo, tiempo para la presentación del celo y eficiencia reproductiva según el celo y la gestación en las vacas anéstricas tratadas con GnRH y Solución Salina Fisiológica.



En el tratamiento con el análogo sintético de la hormona de liberación se logró un mejoramiento en la actividad ovárica, la presentación del celo y se alcanzó una tasa de preñez con monta natural aceptable en comparación con el control absoluto. La participación de la hormona de liberación gonadotrópica está

relacionada principalmente con la liberación pulsátil de la Hormona Luteinizante (LH) y en menor grado la liberación de la Hormona Folículo Estimulante (FSH) como indica Millar (2005) y en consecuencia los análogos de la GnRH han sido utilizados en la reproducción aplicada, especialmente para contribuir en el mejoramiento de los problemas de actividad ovárica, infertilidad, anestro y mejoramiento de la programación folicular y ovulatoria para los modelos de inseminación a tiempo fijo entre otras aplicaciones (Jadv et al., 2010).

#### **7.2.2. Influencia del GnRH, algunos factores minerales y vitaminas de manera simultánea sobre la actividad ovárica, el ciclo estral y la habilitación gestacional en vacas con anestro lactacional.**

El tratamiento a base del análogo sintético de la hormona GnRH fue complementado con fósforo orgánico, minerales (Fe, Cu, Co y Zn) y Vitaminas (A, D3 y E). La respuesta fue medida en función de la proporción de animales con presentación del celo como primer indicador. La presentación del celo en los diferentes tratamientos que involucraron como componente primario el Gestar® fueron similares; sin embargo, en todos los tratamientos con GnRH se superó a los tratamientos excluyentes (Fosfomin® + Becafor® y Fosfomin® + Solución Antianémica®).

La inclusión del fósforo orgánico en el tratamiento con GnRH mostró la capacidad de potenciar la acción del GnRH al aplicarse en animales con anestria lactacional según la proporción que presentaron celo como se observa al contrastar el Gestar (57.15%) versus Gestar® + Fosfomin® (80.77%); lo que

indica un mejoramiento del 23.63% ( $P < .01$ ). No obstante, Los tratamientos en que se utilizó además del GnRH y la fuente de fósforo orgánico una fuente de vitamina E y Selenio, solución Antianémica o vitaminas AD<sub>3</sub>E no produjeron un cambio significativo en la proporción de animales con celo en los siguientes 30 días después del tratamiento ( $P > .05$ ) como se indica en el cuadro XXXV; aunque estos si fueron diferentes del tratamiento exclusivo con la fuente de GnRH o tratamiento referencial.

La respuesta del celo ocurrió entre los 23 a 28 días después del tratamiento; en contraste con los tratamientos sin GnRH que tuvieron una menor proporción de animales con celo y cuya respuesta se produjo a los 37 y 74 días. El tiempo en que se observó el celo los animales tratados con Gestar y las alternativas nutreceúticas reproductivas anexas al GnRH no fueron diferentes estadísticamente ( $P > .05$ ) como se ilustra en el cuadro XXXV.

Los estudios sobre los beneficios de los análogos del GnRH han demostrado que representan una alternativa para el mejoramiento del funcionamiento ovárico y el manejo correctivo del anestro lactacional. Entre algunos de los efectos beneficios del GnRH se encuentran la producción de esteroides (Silva y Price, 2001), potencialización para el establecimiento del dominio folicular (Hampton et al., 2004), desarrollo del cuerpo lúteo y su funcionamiento (Ulla et al., 1996) y como eje central en los programas de la sincronización para la inseminación a tiempo fijo (Stevenson et al., 1996).

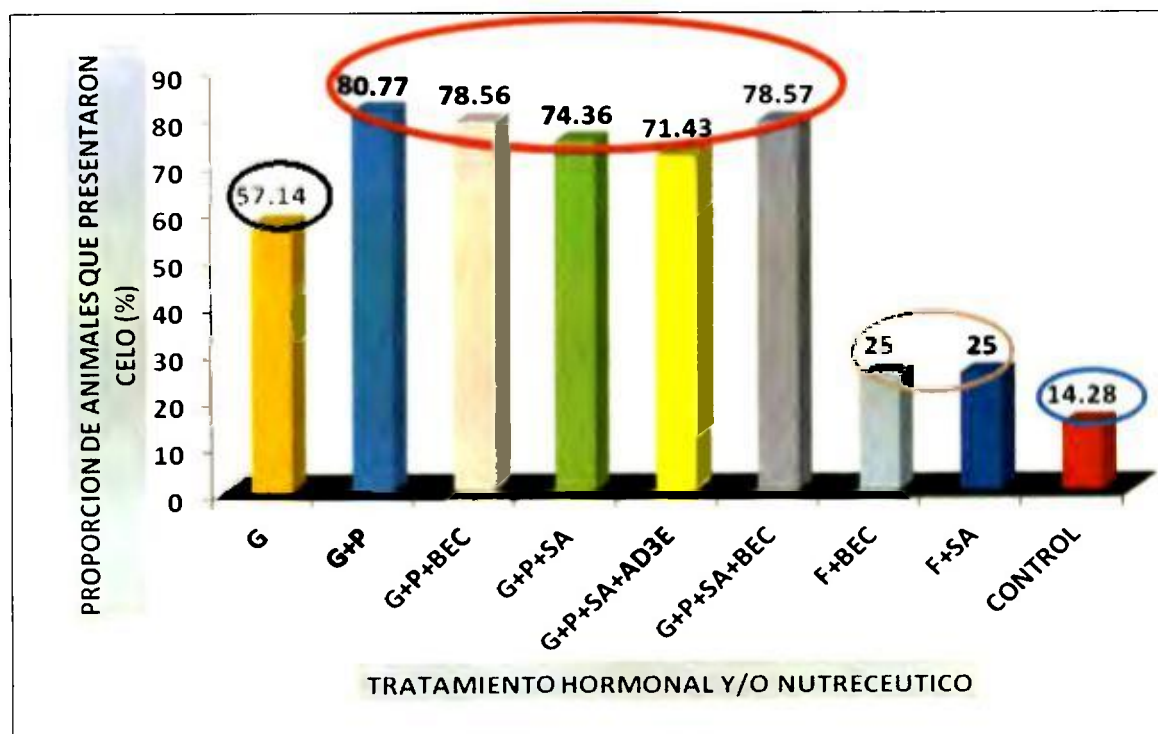
La aplicación simultánea de Fosfomin, Oligoelementos (Cu, Co, Fe y Zn) y vitaminas (A, D3 y E) con el GnRH (Acetato de Buserelina) en vacas con anestro lactacional mostró que estas sustancias pudieron mejorar el impacto del GnRH de acuerdo con la proporción de animales anéstricas tratados que respondieron con celo y una gestación (ver Gráfica XVIII). Sin embargo, las combinaciones del fósforo orgánico con vitamina E y Selenio y fósforo orgánico con una fuente de oligoelementos (Fe, Cu, Co y ZN) resultaron en una menor proporción de animales en celo, aunque estas cifras fueron superiores al grupo control (solución salina fisiológica).

Experimentalmente, los tratamientos presentaron cuatro categorías al considerar el tratamiento con gestar exclusivo, los tratamientos conformados por el gestar y el fósforo orgánico y/o minerales mas vitaminas liposolubles AD<sub>3</sub>E, los tratamientos que incluyeron el fósforo orgánico mas oligoelementos (Fe, Cu, Co y Zn) y finalmente el tratamiento exclusivo o control; en el cual las vacas anéstricas recibieron solamente solución salina fisiológica (ver gráfica XVIII y las zonas a color).

La influencia de los oligoelementos Fe, Se, Co, Cu y Zn y la vitamina AD<sub>3</sub>E como factores de sinergia paralelos al GnRH pueden reflejarse más allá de la presentación del celo; ya que estos minerales tienen funciones relacionadas con el sistema hematopoyético (Fe, Cu, Co), el medio uterino y el funcionamiento

endometrial (Cu, Se), el medio uterino y el control del pH y el funcionamiento glandular (Se), la supervivencia embrionaria (Se, Co, Cu) y los procesos placentarios y el manteniendo de la preñez propiamente (Se, Cu, Co) y mejoramiento en la presentación de los celos, la ovulación, luteinogénesis y mantenimiento del embrión y la gestación (Zinpro, 2007).

**Gráfica XVIII:** Respuesta según la proporción de animales que salieron en celo y cuyo diagnóstico reproductivo fue positivo.



La aplicación del fósforo orgánico con vitamina E, selenio y fósforo orgánico más los oligoelementos Fe, Cu, Co y Zn contribuyeron ligeramente en la proporción de animales que presentaron celo (25% entre 24 y 37 días) en comparación con el grupo control (14.28% en 74 días). Los beneficios del Se (Campbell y Miller, 1998; Reinoso y Soto, 2009), Cu, Co, Fe y Zn (Swanson, 1989) han sido

reconocidos como importantes para el normal funcionamiento del sistema reproductor y endocrino en el ganado bovino y otros animales domésticos; al margen de que se han establecidos los requerimientos para el ganado lechero en producción (NRC, 1989, 2001).

La proporción de animales que presentaron celo fue doblada al utilizar el análogo de la hormona de liberación gonadotrópica (GnRH); alcanzando el 57.14% en comparación con los tratamientos a base de fósforo orgánico más selenio y fósforo orgánico más oligoelementos (25%;  $P < .001$ ); lo que evidencia el potencial de influencia que tiene la hormona de liberación gonadotrópica sobre los procesos de la reproducción durante el postparto y bajo subnutrición energética y proteica ligera como se encontró en las fincas lecheras industriales evaluadas ya que su modelo de alimentación se encuentra fundamentado en el empleo del forraje verde.

La hormona GnRH participa en los procesos que controlan el funcionamiento de la pituitaria y del ovario como glándula dependiente ya que está relacionada con la liberación de las hormonas FSH y LH; las cuales participan en varios procesos de la reproducción; tales como: emergencia de las ondas foliculares (Adams et al., 1992), ovulación (Karsh et al., 1997), esteroidogénesis y funcionamiento del cuerpo lúteo (Hampton et al., 2004; Gong et al., 1996); lo cual es determinante para la fertilidad total en las hembras domésticas (Cooke et al., 1996).

La actividad del GnRH fue potenciada por la inclusión de los oligoelementos y las vitaminas cuando estas formaron parte del protocolo para restaurar el funcionamiento de los ovarios en vacas lecheras en condiciones de subnutrición proteica y energética ligera. La inclusión del fósforo orgánico al tratamiento con GnRH mostró que la proporción de animales con celo fue 80.56% versus el tratamiento con GnRH que fue 57.14% ( $P < .01$ ). Otros resultados cuando se incluyó además del GnRH la fuente de Cu, Fe, Co, Zn y la combinación de vitamina E y selenio con el Gestar fueron parecidos; sin embargo resultaron ligeramente inferiores aunque no fueron diferentes ( $P > .05$ ) como se ilustra en el cuadro XXXVII.

La proporción de animales que recibieron servicios naturales al presentar el celo después del tratamiento con Gestar como fuente de GnRH fue el 62.5%; mientras que cuando la fuente de GnRH fue complementada con Fe, Cu, Co y Zn y/o con Vitamina E y selenio fueron; los resultados fueron superiores al tratamiento exclusivo con GnRH. No obstante, el mejor resultado lo brindó el tratamiento que incluyó Gestar (5 ml), Fosfomin (20 ml), Solución Antianémica y vitamina E y selenio; en el cual la tasa de preñez fue el 80% de los animales que habían presentado celo y que se les confirmó monta natural y preñez por palpación transrectal. Este resultado fue muy superior al de otros tratamientos como el de Gestar (62.50%), Fosfomin mas Becafor (67.70%) y Fosfomin más Solución Antianémica (50%); en cuyos casos se observó una diferencia estadística significativa ( $P < .05$ ).

La modificación del tratamiento a base de GnRH con fósforo orgánico, oligoelementos y vitaminas AD<sub>3</sub>E incremento la proporción de vacas en la condición anéstrica inicial que presentaron un celo entre los 23 y 28 días posteriores al tratamiento; lo que indica que estos microfactores nutricionales potencializan la acción de la hormona de liberación gonadotrópica aun cuando esta se aplica en vacas en lactación bajo un estado de subnutrición proteica y energética.

La presentación del celo y el tiempo en que este se presente después de un tratamiento para restaurar el funcionamiento en las vacas anéstricas constituyen dos aspectos fundamentales como parte de los protocolos endocrinos y nutricionales para el mejoramiento de la función de los ovarios. No obstante, el resultado del servicio también contribuye en el perfil reproductivo del hato lechero y para muchos investigadores este paso es uno de los más esenciales para el mejoramiento del desempeño reproductivo (Nebel, 1997; Fricke, 1999).

En consecuencia, en este estudio se consideró la proporción de vacas anéstricas tratadas que presentaron celo y que a la vez lograron quedar preñadas después de un servicio por monta natural. Esta medida representa en mejor forma la influencia de los tratamientos para no solo reactivar los ovarios sino también para establecer la gestación y por ende se puede relacionar con el perfil de la fertilidad luego de modificar la estática ovárica lactacional. La proporción de vacas que resultaron preñadas después del tratamiento con

GnRH (62.59%) fue incrementada cuando se anexo el fósforo orgánico, los minerales Fe, Cu, Co y Zn y las vitaminas; sin embargo, el mayor índice de preñez (80%) se produjo cuando el tratamiento incluyó GnRH, P, Fe, Cu, Co, Zn, Se y vitamina E (ver cuadro XXXVII y Gráfica XIX).

**Cuadro XXXVII:** Medias para los parámetros reproductivos derivados según los tratamientos a base del análogo sintético de la hormona de liberación gonadotrópica mas un complemento a base de oligoelementos y/o vitaminas.

Tratamientos	PRCE (%)	TAPC (Días)	RSN (%)	ET (%)
Gestar	57.14 <sup>a</sup>	27.12 <sup>a</sup>	62.50 <sup>a</sup>	35.71 <sup>a</sup>
Gestar + F	80.77 <sup>c</sup>	27.80 <sup>a</sup>	76.19 <sup>b</sup>	61.54 <sup>b</sup>
Gestar + F + BEC	78.56 <sup>c</sup>	23.57 <sup>a</sup>	71.43 <sup>b</sup>	57.10 <sup>b</sup>
Gestar + F + SA	74.36 <sup>c</sup>	26.46 <sup>a</sup>	79.31 <sup>b</sup>	58.97 <sup>b</sup>
Gestar + F + SA + AD3E	71.43 <sup>c</sup>	27.86 <sup>a</sup>	73.33 <sup>b</sup>	52.38 <sup>b</sup>
Gestar + F + SA + BEC	78.57 <sup>c</sup>	23.45 <sup>a</sup>	80.00 <sup>b</sup>	62.88 <sup>b</sup>
F+BEC	25.00 <sup>a</sup>	23.80 <sup>a</sup>	67.70 <sup>a</sup>	16.94 <sup>a</sup>
F+SA	25.00 <sup>a</sup>	37.00 <sup>b</sup>	50.00 <sup>a</sup>	12.50 <sup>c</sup>
Control Absoluto	14.28 <sup>b</sup>	74.34 <sup>c</sup>	100 <sup>c</sup>	14.28 <sup>c</sup>

PRCE: Presentación del celo (%)      TAPC: Tiempo para la presentación del celo (%)

RSN: Resultado del servicio natural (%)      ET: Eficiencia Total (%)

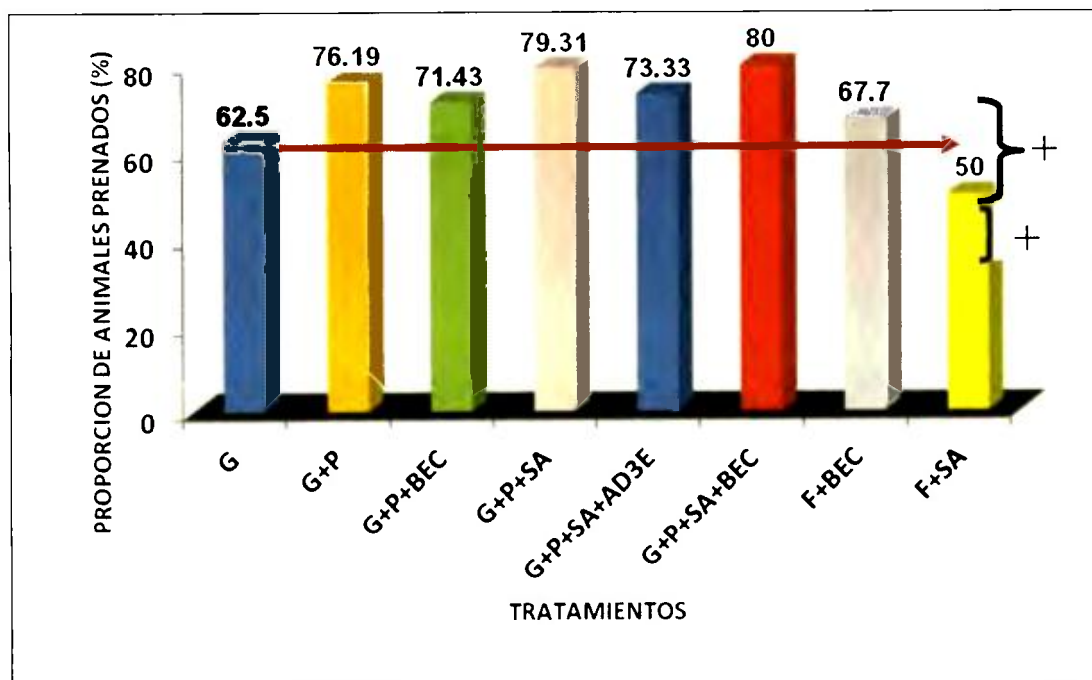
Medias con letras iguales en la misma columna no difieren al 5% ( $P > .05$ ).

Medias con letras a b difieren al 5% ( $P < .05$ ) y a c y b c difieren al 1% ( $P < .01$ ).

Los protocolos reproductivos orientados a la enmienda de los problemas de actividad ovárica plantean en primera instancia, la restauración funcional de los ovarios, en los que se busca que se dé el inicio del proceso de la foliculogénesis hasta que se estabilice el desarrollo folicular y se alcance el estado de Graaf;

con lo cual la esteroidogénesis acompañan y definen la fase del proestro y determinan que la fase del estro ocurra. Esto culmina en la manifestación del celo como un signo que va indica hasta cierto punto un funcionamiento apropiado del ovario (Fricke, 1999; etapa que es continuada por la ovulación y la luteinogénesis, la inseminación artificial y el reconocimiento de la preñez (Bazer, 1980).

**Gráfica XIX:** Medias de la proporción de animales que resultaron preñados después del tratamiento del anestro lactacional con GnRH y algunos factores nutreceptivos.



En consecuencia, uno de los objetivos más importantes en los programas de control reproductivo es lograr que la mayor cantidad de vacas presenten un funcionamiento ovárico y celo entre los 45 y 105 días después del parto (Nebel,

1997); el cual culmine con el establecimiento de una gestación exitosa para evitar que el intervalo entre partos sobrepase los 405 días preferiblemente (Nebel, 1998; Holy, 2008). En consecuencia, cualquier protocolo de manejo reproductivo debe incluir la programación folicular, la esteroidogénesis, la detección del celo o el servicio a tiempo fijo y la inseminación oportunamente (Stevenson *et al.*, 1999).

Como indicador reproductivo total se utilizó la eficiencia total del protocolo reproductivo a través de los tratamientos aplicados en las vacas con anestro lactacional y el cual correspondió al producto generado al considerar la tasa de presentación de celo y preñez respectivamente. Este indicador reproductivo incluye la presentación del celo y la tasa de preñez y en consecuencia permite tener una mayor aproximación al concepto de fertilidad descrito por Nebel (1997), Fricke (1999) y Holy (2008). La eficiencia reproductiva del tratamiento a base de GnRH exclusivo fue 35.71%; mientras que la aplicación de GnRH y fósforo orgánico simultáneo alcanzó el 61.54%. El impacto del fósforo orgánico y del GnRH simultáneo fue significativo ( $P < .001$ ); lo que demuestra la importancia de este mineral sobre todos los procesos reproductivos que van desde la foliculogénesis hasta el establecimiento de la gestación.

La anexión de la Solución Antianémica como fuente de Fe, Cu, Co y Zn y de vitaminas al tratamiento base de GnRH y fósforo orgánico no mostró que la eficiencia reproductiva del tratamiento o protocolo hormonal – nutreceútrico modificará en forma significativa la eficiencia total (Tasa de celo/100 x Tasa de

preñez/100); ya que las medias de la eficiencia reproductiva fueron: GFBECE 57.10%; GFSA 58.97%; GFSAAD3E = 52.38% y GFSABEC 62.88%.

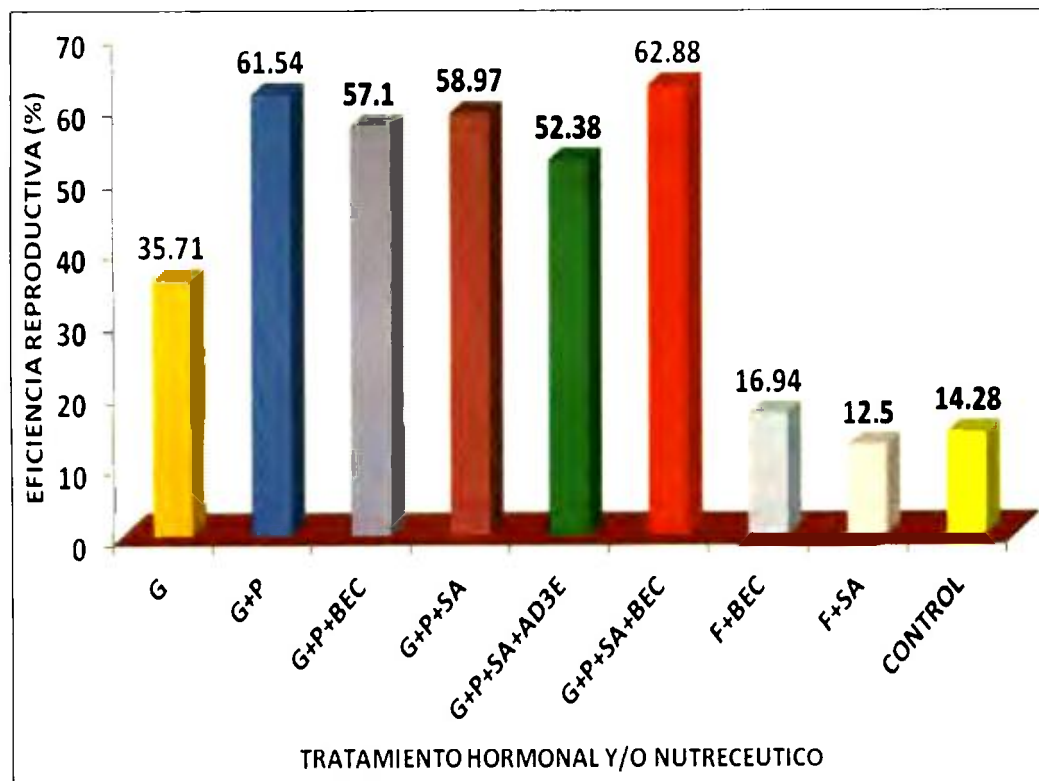
El tratamiento que mayor eficiencia reproductiva, según las tasas de celo y preñez, fue la combinación de GnRH + Fósforo Orgánico + Fe, + Cu + Co + Zn + Se y Vitamina E ya que en promedio, el 78.57% de las vacas anéstricas tratadas presentaron celo y de ellas el 80% resultaron preñadas.

Cuando se eliminó del tratamiento el factor hormonal GnRH, la eficiencia del protocolo reproductivo para manejar el anestro descendió del 12.5 al 16.94%. Por ende, la ausencia del factor de liberación gonadotrópica (GnRH) redujo la eficiencia total del protocolo para la restauración ovárica en 44%, lo cual indica que el 75% del promedio de los protocolos aplicados incluyendo GnRH, fósforo orgánico, minerales (Fe, Cu, Co y Zn) y vitamina E más Se fueron homogéneos (gráfica XX).

El contraste de los tratamientos con GnRH y algún micro factor mineral y/o vitamínico indicó que las mejores combinaciones de acuerdo con la eficiencia total del protocolo para la restauración ovárica en vacas con anestro lactacional fueron: GnRH + Fósforo Orgánico (ETR = 61.54%) y GnRH + Fósforo Orgánico + Solución Antianémica (Fe, Cu, Co, Zn) + Vitamina E y Selenio (ETR = 62.88%). No obstante, entre ambos tratamientos no se observó una diferencia estadística ( $P > .05$ ); indicando que se obtiene el mismo resultado cuando el

GnRH es complementado con el Fosfomin (fuente de fósforo orgánico) en comparación con el tratamiento que además de estos incluyó la Solución Antianémica (Fe, Cu, Co y Zn) y el Becafor (Vitamina E y Se).

**Gráfica XX:** Eficiencia reproductiva total incluyendo celo y preñez según el tratamiento hormonal y el complemento nutreceptivo en vacas anéstricas en fincas lecheras Grado C.



Por ende, la aplicación de la vitamina AD<sub>3</sub>E, Solución Antianémica y Becafor® de manera conjunta con el Fosfomin y el GnRH como plataforma hormonal y nutreceptivo para enmendar la anestría lactacional no contribuyen sobre la eficiencia total cuando se incluyó la tasa de presentación de celo y la tasa de preñez en hembras bovinas con potencial lechero entre 6.11 y 10.5 kg/día bajo

un balance energético y proteico negativo en los primeros 120 a 150 días de la lactación. Sin embargo, la aplicación del GnRH y del fósforo orgánico simultáneo estuvo asociado con una eficiencia para la presentación del celo y el establecimiento de la preñez de un 61.54%; implicando un menor costo en el manejo reproductivo. No obstante, la aplicación de Fe, Cu, Co y Zn pueden formar parte del protocolo si los animales presentan un perfil hemoglobínico inferior a los 11.5 g/100 ml de sangre; con el propósito de favorecer el proceso de la hematopoyesis y fortalecer los mecanismos del tracto uterino y urogenital que coadyuven con la capacitación espermática, supervivencia embrionaria y la propia fertilidad de la hembra bovina.

La utilización del GnRH solo y en combinación con el fósforo orgánico mostró su beneficio sobre la reactivación de los ovarios; donde el factor de mayor influencia fue la hormona de liberación gonadotrópica. La vía de influencia se da a través del estímulo para producción y liberación de la hormona luteinizante y folículo estimulante. Ambas hormonas son las que determinan los procesos ováricos desde el reclutamiento de los folículos hasta la formación del cuerpo lúteo y la producción de progesterona (Bosu, 1982).

La recuperación espontánea del anestro tiene un alto costo en los rebaños productores de leche y en consecuencia el tratamiento de la aciclia postparto es mucho más rentable cuando se trata temprano en lugar de esperar que ocurra el restablecimiento del ciclo estral según la modulación endógena. La aplicación del GnRH después del parto en las primeras dos semanas ha indicado que

ayuda efectivamente a reducir el periodo abierto; ya que mejora la involución uterina, activación de los ovarios y presentación del ciclo estral en la vaca lechera (Leslie et al., 1983; Vanderboom, 1987).

Otros usos del GnRH son el control de los quistes ováricos y mejoramiento de la tasa de ovulación cuando se realiza la inseminación artificial. La aplicación de GnRH en las vacas sometidas a una subnutrición energética y proteica simultánea con anemia fue capaz de reactivar la función de los ovarios; lo cual fue confirmado las estructuras ováricas, la presentación del celo y por el alto porcentaje de las hembras que fueron servidas que resultaron preñadas.

La función del GnRH durante el anestro o aciclia lactacional fue potenciada por los productos nutreceúticos; como: fósforo orgánico, complejo mineral (Fe, Cu, Co y Zn) y Vitamina E y Se; ratificando la influencia e importancia del GnRH en los procesos reproductivos de la hembra bovina tipo leche bajo las condiciones de una alimentación limitada nutricionalmente, con cierta influencia negativa del estrés calórico de acuerdo con el entorno micro climático tropical húmedo y durante la lactación comercial con acceso restringido al amamantamiento.

#### **8. Influencia de la Prostaglandina con un Complemento Nutreceútico a base de minerales y vitaminas liposolubles sobre la sincronización del celo, la efectividad del servicio natural y el éxito para el establecimiento de la preñez.**

Esta fase del estudio fue orientada para determinar si la sincronización del celo, el resultado del servicio natural y la tasa de preñez podrían ser incrementados

con la aplicación de prostaglandina PGF<sub>2</sub> $\alpha$  mediante la inyección intramuscular de 2 ml de Prostal (Laboratorios Over de Argentina) en vacas con actividad ovárica luteínica con el fósforo orgánico, complejo mineral con oligoelementos (Fe, Cu, Co y Zn más cianocobalamina), vitaminas A, D<sub>3</sub> y E y vitamina E y Se.

El protocolo de sincronización para programar la fase esteroidogénica y la maduración del folículo hasta alcanzar el estado de Graaf, la capacitación del tracto genital y la presentación del celo han sido validados en diversas investigaciones; concluyendo que es un requisito fundamental que la hembra mantenga actividad luteínica ya que la presencia de la hormona progesterona crea las condiciones celulares para que el cambio hormonal luego de la luteólisis conduzca a la esteroidogénesis y a la maduración del folículo para que culmine con la presentación del celo y la ovulación (Fricke, 1999; Stevenson, 2003).

El protocolo de la sincronización con prostaglandina permite que se produzcan las condiciones para desencadenar la esteroidogénesis y la maduración folicular; por lo cual la sensibilización del sistema nervioso y la preparación endometrial de los principales componentes del tracto urogenital de la hembra contribuyen con los cambios celulares y secretivos que tipifican la presentación del celo y a la vez definen el momento para intervenir con la monta natural o la inseminación artificial (Hafez, 1986; Nebel, 2006). Este procedimiento fue complementado con la aplicación de varios compuestos con actividad nutreceptiva; buscando coadyuvar en aquellos procesos que se desarrollan a nivel celular y a lo largo del tracto genital para mejorar la presentación del celo, aumentar la intensidad y

duración del celo ya que el perfil nutreceptivo debe favorecer la foliculogénesis, ovulación, concepción, supervivencia embrionaria, reconocimiento de la preñez, implante y fijación (Lucy, 2003; Senger, 1997).

Entre algunas de las sustancias con potencial nutreceptivo a favor de la reproducción se encuentran la vitamina E y el selenio (Smith y Chase, 2007; Reinoso y Soto, 2009), el fósforo orgánico (Zynpro, 2009; Bayer, 2008) y algunos oligoelementos; incluyendo: cobre, cobalto y zinc (Azab et al., 1993).

El Zinc es importante para la reparación y el mantenimiento uterino después del parto y esencial para la restauración del celo después del parto, mejoramiento de la tasa de concepción, reducción del periodo abierto y disminución de la incidencia de los abortos espontáneos (Socha et al., 2008). Otros factores minerales y vitamínicos también han sido identificados como requisitos para el desarrollo de los procesos reproductivos en la hembra bovina tipo leche y en otras especies (Hurley y Doane, 1989).

Los protocolos completos incluyendo la prostaglandina mas los nutreceptivo fueron los siguientes: I (PGF<sub>2</sub>α + fósforo orgánico + Vitamina AD<sub>3</sub>E), II (PGF<sub>2</sub>α + fósforo orgánico + complejo mineral (Fe, Cu, Co, Zn), III (PGF<sub>2</sub>α + vitamina E + Se) y IV (PGF<sub>2</sub>α). Los tratamientos fueron aplicados en vacas en lactación con la referencia de poseer un cuerpo lúteo funcional y bajo el sistema de alimentación propio de las fincas lecheras industriales en Panamá.

Los indicadores evaluados fueron la tasa proporcional de presentación de celo, tiempo en que se presentó el celo y resultado del servicio natural. Los descriptores de los animales experimentales fueron número de partos, peso corporal, estado lactacional, producción de leche y la hemoglobina (ver cuadro XXXVI).

La sincronización de celo con la prostaglandina  $\text{PGF}_{2\alpha}$  tuvo una tasa de presentación del celo de 75%, una tasa de preñez de 50% y la eficiencia total del tratamiento fue 37.50%. Cuando la sincronización incluyó la prostaglandina  $\text{PGF}_{2\alpha}$ , Vitamina E y selenio la tasa de presentación del celo se mantuvo igual al tratamiento con  $\text{PGF}_{2\alpha}$  exclusivo (75%); sin embargo, la tasa de preñez fue mejorada; alcanzando el 66.67% y en consecuencia, la eficiencia total del modelo  $\text{PGF}_{2\alpha}$  + Vit E + Se fue 50%.

La adición de la vitamina E y el selenio como complemento nutreutéico al protocolo de sincronización con  $\text{PG}_{F2\alpha}$  no afectó la tasa de presentación del celo, pero si incremento la tasa de preñez (+ 16.67%) y la eficiencia total del protocolo (+ 13.50%). La vitamina E y el selenio son reconocidos como antioxidantes y por ende su participación nutreutéica está orientada al mejoramiento de las condiciones del medio intrauterino; ayudando en la capacidad secretora de las células epiteliales en el cuerno uterino, cervix y tracto vaginal (Hurley y Doane, 1989).

Por otro lado, las sustancias antioxidantes pueden mantener el pH del medio vaginal y uterino más estable y en consecuencia se facilita la capacitación espermática y el mantenimiento de la viabilidad del óvulo. Otras de las funciones de la vitamina E y el selenio son su participación en la prevención de la mortalidad embrionaria y fetal e incluso estos actúan como preservadores de la gestación (Campbell y Miller, 1998).

La sincronización del celo con  $\text{PGF}_2\alpha$  cuando se aplicó la fuente de fósforo orgánico y los microfactores Fe, Cu, Co y Zn no modificaron la tasa de presentación del celo, pero si se incrementó la tasa de preñez en 80%; produciéndose una eficiencia total reproductiva del 57.14%. En consecuencia, la adición del fósforo orgánico y de la solución antianémica como fuente de Fe, Cu, Co y Zn contribuyeron en el mejoramiento de la tasa de preñez y de la eficiencia reproductiva del protocolo para celo y gestación (+ 19.54%) con respecto a la eficiencia total del 37.50% para la sincronización con  $\text{PGF}_2\alpha$ .

El mejor protocolo de sincronización a base de  $\text{PGF}_2\alpha$  más un nutreceptivo fue cuando se incluyó el fósforo orgánico y la vitamina  $\text{AD}_3\text{E}$ ; logrando una tasa de presentación del celo del 85.71% y una tasa de preñez de 83.33%; resultando este protocolo el de mayor eficiencia reproductiva total según el celo y la gestación del 71.42% (ver cuadro XXXVIII).

**Cuadro XXXVIII:** Perfil somático y lactacional previo y parámetros reproductivos en vacas en lactación con actividad luteínica funcional sincronizadas con PGF<sub>2</sub>α más un nutreceptivo simultáneo en fincas lecheras industriales.

Tratamiento	jo	Presentación del celo	Tiempo al observar el celo (Días)	Resultado del servicio natural	Número de partos	Peso Corporal kg	Condición Corporal	Estado Lactacional días	Producción de Leche Comercial kg	Hgba g/100 ml
Pgf2a	1	+	2	+	1	348	3.00	252	3.40	10.68
+	2	+	2	+	1	320	3.50	38	5.10	10.84
Fosfomin	3	-	-	-	3	378	2.75	175	4.25	9.14
+	4	+	3	-	4	575	3.50	105	5.24	8.65
AD3E	5	+	2	+	3	464	3.50	120	5.45	8.83
	6	+	3	+	2	385	3.25	90	4.78	11.50
(cod. 3,9)	7	+	2	+	3	342	3.25	145	5.24	11.05
		6/7	2.33	5/6	2.43	401.71	3.25	132.14	4.78	10.09
	%+	85.71		83.33	<b>Eficiencia Reproductiva Total = 71.42%</b>					
	%-	14.29		16.67						
PGF2α	1	-	-	-	4	454	3.25	105	6.50	11.50
+	2	+	2	+	3	600	3.75	60	5.70	10.20
Fosfomin	3	+	3	+	3	395	3.00	90	4.75	11.20
+	4	+	3	+	6	309	3.25	180	3.45	9.64
Solucion	5	-	-	-	4	367	2.50	150	4.23	8.78
Antianemi	6	+	2	+	3	335	3.25	170	5.12	9.25
	7	+	3	-	2	367	3.00	135	4.75	10.90
(Cod. 14)		5/7	2.6	4/5	3.57	403.86	3.14	127.14	4.92	10.21
	%+	71.43		80	<b>Eficiencia Reproductiva Total = 57.14%</b>					
	%-	28.57		20						
PGF2α	1	+	3	+	1	409	3.25	105	4.60	11.78
(27)	2	+	2	-	2	446	3.00	150	4.30	10.81
	3	+	3	+	3	392	3.25	150	4.75	10.92
	4	+	3	+	4	378	3.00	120	5.25	11.45
	5	-	-	-	3	365	2.75	138	4.28	9.98
	6	+	3	-	2	350	3.00	160	4.23	8.87
	7	+	3	-	3	345	3.25	90	3.75	9.15
	8	-	-	-	1	405	2.50	145	5.40	8.54
		6/8	2.83	3/6	2.34	386.25	3.00	132.25	4.57	10.19
	%+	75		50	<b>Eficiencia reproductiva Total = 37.50%</b>					
	%-	25		50						
PGF2α	1	-	-	-	1	356	3.25	165	5.8	10.45
+	2	-	-	-	1	400	2.50	75	8.5	10.59
Becafor	3	+	3	+	6	415	3.50	180	7.60	11.18
	4	+	2	+	4	518	3.50	75	10.5	11.07
(Cod. 30)	5	+	2	+	5	476	3.50	75	7.78	11.78
	6	+	3	+	1	372	3.50	60	6.80	11.25
	7	+	3	-	2	345	2.75	90	7.3	9.50
	8	+	3	-	3	335	2.75	85	7.1	8.89
		6/8	2.67	4/6	2.88	402.13	3.16	100.63	7.67	10.59
	%+	75		66.67	<b>Eficiencia Reproductiva Total = 50.00%</b>					
	%-	25		33.33						

El mejor complemento nutreceptivo fue la combinación de Fosfomin® (fósforo orgánico) y vitamina AD<sub>3</sub>E®, seguido del Fosfomin® (fósforo orgánico) y la Solución Antianémica con similitud en la tasa de preñez, pero con mayor eficiencia reproductiva total por celo y tasa de preñez (P<.01).

**Cuadro XXXVIII:** Resumen de los parámetros reproductivos previos a la sincronización con prostaglandina y un complemento simultáneo con minerales y vitaminas

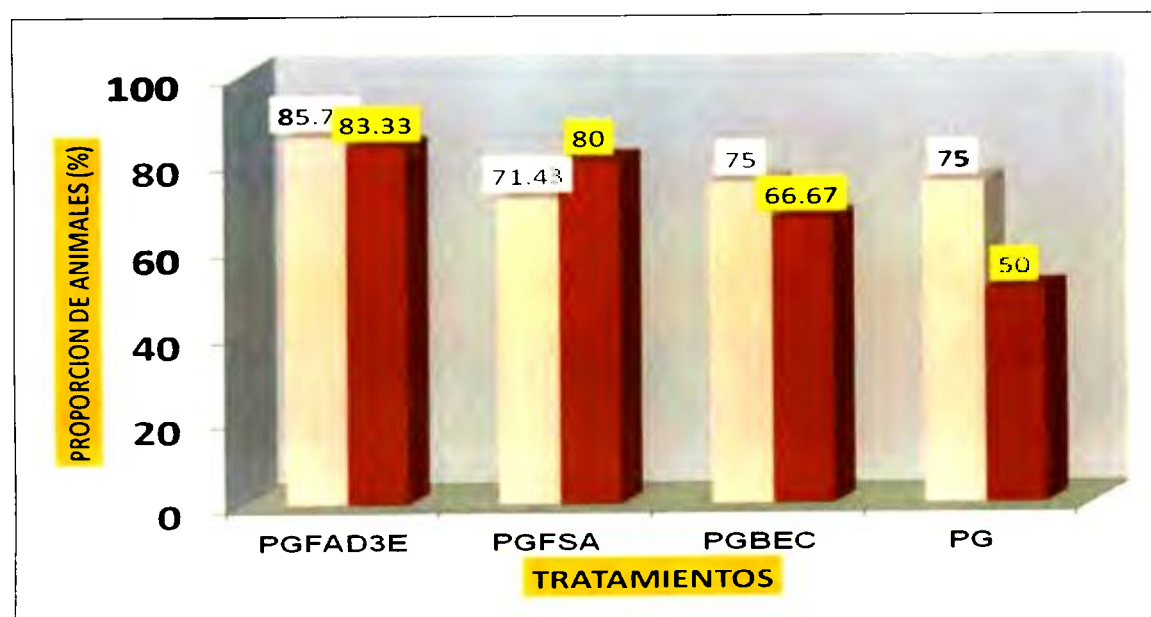
Tratamientos				
Parámetros	PGF2α + Fosfomin® + Vitamina AD <sub>3</sub> E®	PGF2α + Fosfomin + Sol. Antianémica®	PGF2α + Becafor®	PGF2α
Observaciones	7	7	8	8
Animales Con Celos (no)	6	5	6	6
Animales con Celos (%)	85.71	71.43	75	75
Tiempo al celo en los animales sincronizados	2.33 días (55.92 hrs)	2.66 días (63.84 hrs)	2.67 días (64.08 hrs)	2.83 días (67.92 hrs)
Animales Preñados (%)	83.33	80	66.67	50
Animales Negativos (%)	16.67	20	33.33	50
Partos (No)	2.43 ± 1.13	3.57 ± 1.57	2.88 ± 1.96	2.38 ± 1.07
Peso (kg)	401.71 ± 89.33	403.86 ± 97.91	402.13 ± 65.31	386.25 ± 33.82
Condición Corporal *	3.25 ± 0.29	3.14 ± 0.38	3.16 ± 0.42	3.00 ± 0.27
Estado Lactacional (Días)	132.14 ± 68.18	127.14 ± 43.96	100.63 ± 45.39	132.25 ± 24.71
Prod. Leche Comercial (kg)	4.78 ± 0.73	4.92 ± 0.99	4.67 ± 0.14	4.57 ± 0.55
Hemoglobina (g/100 ml)	10.09 ± 1.18	10.21 ± 1.03	10.59 ± 0.99	10.44 ± 1.23
Hgba (Preñados)(g/100 ml)	10.58	10.07	11.32	11.38
Hgba (Negativos)(g/100 ml)	8.65	8.78	9.19	9.61
Efectividad Hormonal y nutreceptiva Total (%)	71.42	57.14	50.00	37.50

\* Según la escala para Ganado Lechero de Edmonson *et al.*, (1989).

Eficiencia Total Modelo (Hormonal y Nutreceptivo) = (Animales con celo) / (Animales con gestación).

La eficiencia de los complementos nutreutéicos y la prostaglandina en la sincronización del celo y el desempeño de las hembras tratadas fue afectada por la condición hemoglobínica; destacándose que las vacas con el mayor grado de anemia fueron las que fallaron en la mayor proporción con respecto a la tasa de presentación del celo y que resultaron preñadas. La anemia redujo la efectividad del protocolo de sincronización del celo, tasa de preñez y por ende la eficiencia del modelo para vacas con actividad ovárica fue reducida drásticamente en los casos de mayor anemia (ver gráfica XXI).

**Gráfica XXI:** Tasa de presentación de celo y tasa de preñez según el protocolo de sincronización a base de Prostaglandina  $PGF_{2\alpha}$  y varios complementos nutreutéicos.



Tratamientos: PGFAD<sub>3</sub>E = Prostal + Fosfomin + Vitamina AD<sub>3</sub>E  
 PGFSA = Prostal + Fosfomin + Solución Antianémica  
 PGBEC = Prostal + Becafor  
 PG = Prostal

Bioquímica: Prostal® (Prostaglandina  $PGF_{2\alpha}$ )  
 Fosfomin® (Fósforo Orgánico)  
 Solución Antianémica® (Hierro, Cobre, Cobalto y Zinc)  
 Becafor® (Vitamina E + Selenio)  
 AD<sub>3</sub>E® (Vit. A (500,000 UI), D3 (75,000 UI) y E (50 mg/ml))

Estos resultados se obtuvieron en vacas con subalimentación energética y proteica y un estado de anemia moderada ya que se observó una Hgba entre 10.09 y 10.59 g/100 g de sangre en comparación con el rango normal entre 11.5 y 12.5 g/100 ml de sangre (Swanson y Dukes, 1986). Se observó que las vacas que no culminaron con una gestación después de la sincronización con PGF<sub>2</sub>α aun con una aplicación simultánea de un o más nutreceútics para favorecer los procesos reproductivos inherentes fueron las que tenían un grado de anemia mayor de acuerdo con el patrón de la hemoglobina (Schalm, 1964).

**Cuadro XXXIX:** Matriz del diferencial de la tasa de presentación de celo, efectividad del servicio y de la eficiencia hormonal y nutreceútica en el protocolo de sincronización del celo con PGF<sub>2</sub>α en vacas con subalimentación energética y proteica en lecherías industriales.

Diferencial según los tratamientos				
Parámetros Reproductivos	PGF <sub>2</sub> α + Fosfomin + Vitamina AD <sub>3</sub> E	PGF <sub>2</sub> α + Fosfomin + Sol. Antianémica	PGF <sub>2</sub> α + Becafor	PGF <sub>2</sub> α
Presentación de Celo (%)	<b>85.71</b>	<b>71.43</b>	<b>75</b>	<b>75</b>
		-14.28**	-10.71*	-10.71*
			-3.57ns	-3.57ns
				0.00ns
Tasa de Preñez (%)	<b>83.33</b>	<b>80</b>	<b>66.67</b>	<b>50</b>
		-3.33ns	-16.67**	-33.33**
			-13.33*	-30**
				-16.67**
Efectividad Hormonal y nutreceútica Total (%)	<b>71.42</b>	<b>57.14</b>	<b>50.00</b>	<b>37.50</b>
		-14.28**	-21.42**	-33.92**
			-7.14*	-29.64**
				-13.50**

\*\* (P<.01); \* (P<.05); ns (P>.05).

El efecto de la anemia sobre el proceso de la sincronización del celo, la efectividad del servicio y la eficiencia del protocolo fue que ocasionó una

reducción en los cuatro tratamientos evaluados. Los animales que presentaron entre 8.65 y 9.61 g de hemoglobina /100 ml de sangre mostraron su limitación para presentar celo después de inducida la luteólisis con  $\text{PGF}_2\alpha$  exógena y en consecuencia la eficiencia total de todos los protocolos fue afectada por la baja capacidad de vehiculizar gases en la sangre (ver cuadro XL). En este estudio, la sectorización de las unidades experimentales que presentaron la concentración más baja de hemoglobina fueron los animales que no mostraron una respuesta positiva cuando se realizó la sincronización del celo y los procesos subsiguientes a partir de la aplicación de prostaglandina luego de detectar un cuerpo lúteo funcional.

**Cuadro XL.** Proporción de animales con gestación positiva según el modelo de sincronización con prostaglandina (Prostal®) y nutreceúticos en vacas con actividad luteínica funcional con subalimentación energética y proteica clasificadas por la concentración de hemoglobina.

Tratamientos				
Parámetros y Hematimétricas	PGF2α + AD3E® + Fosfomin®	PGF2α + Fosfomin® + Sol. Antianémica®	PGF2α + Becafor®	PGF2α
Observaciones	7	7	8	8
Animales con preñez + Animales no preñados	Hgba 10.58 (83.33) Hgba 8.65 (0%)	10.07 (80.0%) 8.78 (0%)	11.32(66.67%) 9.19 (0%)	11.38 (50%) 9.61 (0%)
Diferencial de Hemoglobina	-1.93 g/100 ml	-1.29 g/100 ml	-2.13 g/100 ml	-1.77g/100ml

La sincronización del celo y los derivados como la luteinogénesis, fijación embrionaria, supervivencia embrionaria, las condiciones de la cría y la tasa de

preñez son condiciones que pueden ser afectadas por la concentración media de hemoglobina; especialmente si hay definida la anemia con un rango entre 8.0 a 12.00 g/100 g de sangre.

Los productos nutreceptivos como la vitamina E, Selenio, Fósforo Orgánico y el complejo mineral (hierro, cobre, cobalto y Zinc) potenciaron la hormona de liberación gonadotrópica (GnRH) y por ende se observó un incremento en la tasa de presentación del celo, índice de preñez y en la eficiencia reproductiva según el celo y la preñez al intervenir vacas con anestro lactacional sometidas a una subalimentación energética y proteica y en condiciones de una ligera anemia de acuerdo con el contenido de hemoglobina.

La capacidad de los productos nutreceptivos para influir en los procesos de la reproducción se dan a nivel sistémico, glandular, en el propio sistema reproductor y a nivel de las propias células de transición que acompañan el desarrollo placentario, embrionario y fetal (Hurley y Doane, 1989; Underwood y Suttle, 1999; Miller et al., 1993; Bendich, 1993).

Finalmente, la utilización del selenio y la vitamina E, el complejo mineral (Hierro, Cobre, Cobalto y Zinc) y la vitamina AD<sub>3</sub>E en presencia del fósforo orgánico actuaron como coadyuvantes reproductivos en la sincronización del celo a través de la luteólisis inducida por la PGF<sub>2</sub>α; aumentando la proporción de animales que presentaron celo, mejorando la tasa de preñez; incrementando la tasa de efectividad del protocolo de para definir la presentación del celo, la receptividad total para el servicio natural y el mejoramiento en el aprovechamiento del ciclo

estral en vacas en lactación en lecherías industriales con un amamantamiento parcial y un sistema de alimentación con limitaciones energéticas y proteicas.

El perfil hematimétrico hemoglobínico con un bajo contenido de hemoglobina (8.65 a 8.19 g/100 ml) afectó los la efectividad de la sincronización del celo al utilizar prostaglandina y nutreceúuticos; indicando que la anemia (- 1.3 a - 2.13 g/100 ml sangre por debajo de la tasa hemoglobínica prevalente) redujo la tasa de presentación del celo, la efectividad del servicio y el índice de eficiencia total para el protocolo de sincronización; partiendo de la  $PGF_{2\alpha}$  cuando se aplicó en vacas en lactación con actividad luteínica funcional y limitaciones nutricionales energéticas y proteicas moderadas.

## **V. CONCLUSIONES**

El compendio de todos los resultados encontrados en esta investigación incluyendo la fase diagnóstica y experimental se resume en las siguientes conclusiones:

- 1°. El examen cuántico reproductivo poblacional de las 613 hembras efectivas en 20 fincas lecheras grado C indicó que solamente el 53.50% de las hembras con capacidad reproductiva se encontraban en la fase de producción; evidenciando una deficiencia técnica reproductiva en el uso del recurso animal del 26.5%. El 70% de las fincas experimentales presentaron un estado reproductivo deficiente ya que estas solo mantenían entre el 30 y 60% de los vientres efectivos en producción; mientras que un 25% de las fincas fueron regulares reproductivamente en base a la proporción de animales en ordeño y solamente el 5% de las fincas con valor experimental presentaron una proporción de vacas en estado lactacional apropiado.
- 2°. El estado hematimétrico de las vacas en lactación según el perfil de hemoglobina evidenció la anemia ligera con una insuficiencia para el transporte de los gases en sangre por el orden del 14.32%; lo cual constituye una condición limitante de la capacidad funcional y de producción propiamente.

- 3°. El balance nutricional diario de proteína total fue de – 194 a -289 g por animal y de energía neta lactacional; trascendiendo entre – 3.48 a – 5.59 Mcal/vaca día con un peso corporal referencial entre 350 y 475 kg y una producción de leche entre 6.11 y 10.50 kg/día.
- 4°. El potencial de producción de leche diario para la comercialización fue  $6.11 \pm 1.09$  kg/vaca con un consumo de la cría de  $4.34 \pm 0.63$  kg y el total de la producción láctea diario fue  $10.5 \pm 1.87$  kg/vaca día con una curva de lactación genérica mostró una producción inicial de 4.24 kg/día, un máximo de 9.98 kg a los 43.3 días y una producción al cierre de 3.72 kg/día con una persistencia de 6.722 kg en 305 días.
- 5°. La inclusión de 700 mg del fósforo orgánico a través del 4-dimetilamino-2-metil-fenil-fosfinato sódico más la aplicación del análogo sintético de la Hormona de liberación gonadotrópica (Acetato de Buserelina: 0.021 mg im) fueron capaz de potenciar la acción hipofisaria inductora; incrementando la tasa de presentación de celo del 57.14 hasta el 80.87%, respuesta que se presentó a los 27 días después del tratamiento hormonal mas nutreceptiva.
- 6°. La adición de los nutreceptivos Vitamina AD<sub>3</sub>E®, Solución Antianémica® (fuente de Fe, Cu, Co y Zn) y Becafor® (fuente de vitamina E y Se) al tratamiento con fósforo orgánico en conjunto con la aplicación del acetato de Buserelina (Análogo sintético de la GnRH) no produjeron incrementos en la tasa de la presentación del celo cuando se aplicaron en vacas anéstricas;

aunque si se observó una ligera reducción en el tiempo en que se presentó los celos después del tratamiento frente a la condición del anestro.

- 7°. La aplicación de los nutreceúticos simultáneos con GnRH incluyendo el complejo mineral (Fe, Cu, Co y Zn), las vitaminas AD<sub>3</sub>E y la vitamina E y el 4-dimetilamino-2-metil-fenil-fosfinato sódico (Fósforo orgánico) aumentaron ligeramente la tasa de preñez en vacas anéstricas en comparación con la aplicación exclusiva de GnRH o de GnRH mas Fósforo Orgánico; logrando la mayor tasa de preñez (80%) cuando se combino con los nutreceúticos fósforo orgánico, complejo mineral (Fe, Cu, Co y Zn), Vitamina E y él Se.
- 8°. La utilización del protocolo nutreceútica sin el GnRH a base de Fósforo orgánico + Vitamina E + Se, y el complejo mineral (Fe, Cu, Co y Zn) estuvieron asociados con un ligero aumento en la tasa de presentación de los celos (25% en ambos casos a los 24 y 37 días post tratamiento) en comparación con el control (solución salina fisiológica) que presentó un 14.28% de animales con celo hasta los 74 días.
- 9°. La eficiencia o potencial del protocolo hormonal + los nutreceúticos para restablecer el funcionamiento ovárico en vacas anéstricas con una subnutrición energética y proteica moderada y una ligera anemia aumentó sobre el protocolo a base de la Hormona de liberación gonadotrópica cuando se incluyeron simultáneamente el fósforo orgánico, el complejo mineral (Fe, Cu, Co y Zn), la vitamina E y él Se de acuerdo con el producto de la tasa de presentación del celo por la tasa de preñez respectivamente.

10°. La sincronización del celo en vacas con actividad luteínica en condiciones de subnutrición energética y proteica moderada y con una ligera anemia sometidas al efecto del amamantamiento tuvieron una mejor tasa de presentación de celos y una mayor tasa de preñez después de un servicio natural cuando el protocolo reproductivo incluyó el uso de la Prostaglandina ( $\text{PGF}_{2\alpha}$ ), los nutreceúuticos 4-dimetilamino-2-metil-fenil-fosfinato sódico y las vitaminas A,  $\text{D}_3$  y E; mostrando una eficiencia de 71.42% y cuando se aplicó adicional a la prostaglandina el 4-dimetilamino-2-metil-fenil-fosfinato sódico mas el complejo mineral (Fe, Cu, Co y Zn, Se); logrando una eficiencia reproductiva del protocolo de 57.14% o cuando el protocolo de enmienda incluyó la  $\text{PGF}_{2\alpha}$  más la vitamina E con una eficiencia del 50%.

11°. La anemia ligera a moderada redujo la efectividad del protocolo parahormonal con prostaglandina para la sincronización del celo; incluso cuando se aplicó nutreceúuticos; limitando la tasa de presentación del celo y disminuyendo la tasa de preñez; especialmente en los animales que presentaron entre 1.0 a 2.5 gramos menos de hemoglobina con respecto a la media prevalente.

12°. Finalmente, la aplicación del protocolo hormonal para el control de la aciclia ovárica lactacional y parahormonal para la sincronización del celo fueron potenciados por los nutreceúuticos; incluyendo el fósforo orgánico, el complejo mineral (Fe, Cu, Co y Zn) y la vitamina E y el selenio; los cuales efectuaron una sinergia reproductiva que resultó en una mayor tasa de

presentación de celos, mayor efectividad del servicio natural, una mayor tasa de supervivencia embrionaria y una tasa de preñez superior.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- 1º. El manejo nutricional en las lecherías Grado C en Panamá no debe ser subestimado en términos energéticos y proteicos; ya que las necesidades nutricionales para el mantenimiento son considerablemente altas debido a que el peso corporal puede oscilar entre 350 y 475 kg y las necesidades para producción son entre 8 y 12 kg por día.
- 2º. Incluir el programa de seguimiento reproductivo en las fincas lecheras Grado C como una herramienta de impacto económico que permitirá mejorar la oportunidad para utilizar el recurso animal existente; especialmente para emplear las enmiendas hormonales y/o nutreceútics para mejorar la actividad ovárica postparto con una mayor tasa de presentación de celo.
- 3º. Efectuar el control de la anemia en las vacas en producción antes de insertar un programa de control reproductivo para controlar el anestro lactacional, sincronizar el celo y la ovulación; ya que esta condición metabólica subnormal reduce la efectividad de los protocolos de enmienda glandular y ovárica, aumenta los costos del manejo reproductivo y afecta la eficiencia total en el sistema operativo de la finca lechera; especialmente si existen deficiencias energéticas y proteicas acompañadas del amamantamiento.
- 4º. Emplear el análogo de la hormona GnRH para el control o enmienda del anestro lactacional en conjunto con los productos nutreceútics como el

fósforo orgánico, la vitamina E y el Selenio, el complejo mineral (Hierro, Cobre, Cobalto y Zinc) e incluso con las vitaminas AD<sub>3</sub>E para incrementar el éxito del protocolo hormonal, el acondicionamiento del medio urogenital y contribuir con la eficiencia reproductiva total.

5°. Complementar el protocolo parahormonal con PGF<sub>2</sub>α para la sincronización del celo con nutreceúuticos que aporten fósforo orgánico, micro factores minerales (hierro, cobre, cobalto, zinc y selenio) vitaminas (E, A, D); para mejorar la eficiencia para la presentación del celo, mejorar la tasa de preñez y ayudan a potenciar un mejor uso del recurso animal en la finca lechera, aún con las menores condiciones tecnológicas.

6°. Utilizar el complemento nutreceptico con fòsforo orgánico, micro factores minerales (hierro, cobre, cobalto, zinc y selenio) vitaminas (E, A, D) de forma conjunta con la aplicación del GnRH para tratar el anestro o con el PGF<sub>2</sub>α para sincronizar el celo y el servicio en vacas cruzadas en lactación.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

**Adams, G. P., Matteri, R. L., Kastelic, J. P., Ko, J. C., y Ginther, O. J., 1992.** Association Between Surges of Follicle-stimulating Hormone and the Emergence of Follicular Waves in Heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 94:177-188.

**Ahmed, W. M. 2007.** Overview of some factors negatively affecting ovarian activity in large farm animals. *Global Veterinaria I (1):* 53-66.

**Alba Gómez, L. O. Rodríguez Galindo, A. Gómez Palmero, E. A. Silveira y Prado. 2006.** Tamaño y forma de los Ovarios y del Cérnix De Hembras Cebú de Cuba y sus Relaciones con la Eficiencia Reproductiva (Size and shape of the ovaries and cervix of female zebu from cuba and their relationship with the reproductive efficiency). *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET* ISSN 1695-7504 <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> Vol. VII, Nº 03, Marzo/2006

—

**Araúz, E. E. 1990.** Efecto de Tensión Calórica durante el Período Diurno de la Época Seca sobre el Comportamiento Fisiológico en el Ganado Lechero Cruzado en Lactación y Crecimiento. *Scientia (Panamá),* Vol 5, No 2, 19-28.

**Araúz, E. E. 1995.** Estrategia Nutricional y alimentaria de la Vaca Lechera Durante el Período de Producción en Panamá. *Revista Internacional el Ganadero.*

**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. *Revista Agropecuaria Ecos del Agro,* Enero, p. 30 - 31.

**Araúz, E. E. 2006.** Manejo Reproductivo del Hato Lechero en Condiciones del Trópico Húmedo en Panamá. En: *Curso de Producción Lechera Tropical, Programa de Maestría en Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.*

**Araúz, E. E. 2006a.** 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. 2006b.** 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. 2007.** Principales limitantes técnicas de la producción lechera y medidas para mejorar la productividad en Panamá. Conferencia técnica en el día de Campo del Banco Nacional, Celebrada en la Hacienda de los Hnos Berard, Volcán, Provincia de Chiriquí, República de Panamá.

**Araúz, E. E. 2008a.** Evaluación funcional y selección de las vacas y progenies según los registros de la finca lechera para incrementar la productividad. Conferencia Magistral. XIII Congreso Internacional de producción Lechera en los Trópicos Húmedos. Ciudad de Volcán, Hotel Bambito, Provincia de Chiriquí, República de Panamá.

**Araúz, E. E. 2008b.** Los registros y su importancia biológica en el manejo reproductivo de la vaca lechera. En: Análisis y procedimientos de laboratorio, tópicos especiales para el manejo fisiológico e investigaciones en producción lechera tropical. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá

**Araúz, E. E. 2010a.** Aplicación del sistema de regresión linealizada múltiple para resumir los requerimientos de materia seca en el ganado bovino tipo leche según las normas de la NRC de 1989 con incorporación del análisis de varianza. En: Técnicas de investigación en Ciencia y Producción Animal. Programa de Maestría en Producción Animal.

**Araúz, E. E. 2010b.** 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. Publicado el: 15/02/2010. Depto. de Zootecnia, (CEIACHI), Fac. Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. En: Internet: Engormix.com. [www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/manejo/articulos/principales-registros-biologicos-evaluar-t2800/p0.htm](http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/manejo/articulos/principales-registros-biologicos-evaluar-t2800/p0.htm) - 171k

**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), Pardo Suizo y Holstein bajo estrés calórico diurno durante la época seca en el clima tropical húmedo. REDVET Rev. electró. Vet. 2010, vol. 11, número 11. Pag 1– 36. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111110/111002.pdf>

**Archibald, L. F.; S. N. Norman,; E. L. Bliss, S. Tran, S. Lyle, P. G. A. Thomas and A. C. Rathwel, 1990.** Incidence and Treatment of Abnormal Postpartum Ovarian Function in Dairy Cows. En: Theriogenology. Vol. 34, No 2; p. 283-290

**Arechiga F. C. F., Vásquez-Flores S., Ortiz O., Hernández-Cerón J., Porras A., McDowell L. R, Hansen P. J.** 1998. Effect of injection of B-carotene or vitamin E and Selenium on Fertility of Lactating Dairy Cows. Theriogenology; p. 50:65-76.

**Arias, A. A., Soni, C. A., Stahringer, R., Sampedro, D., Slobodzian, A. 1999.** Optimizando la eficiencia biológica en reproducción. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Corrientes, argentina. Pp. 41 - 48

**Arieli, A.; Adin, G. and Bruckental, I. 2004.** The effect of protein intake on performance of cows in hot enviromental temperatures. J. Dairy Sci. 87: 620 - 629

**Asociación Holstein de los Estados Unidos. 2006.** Potencial de las razas lecheras modernas. Holstein Association, Vermont, USA.

**Azab, M. A, Badr A, Shawki G, Medeg, S. A. 1993.** Some Microelements Profile in Cyclic non-breeding Cow Syndrome (repeat breeder), Assiut Veterinary Medical Journal 1993; 29 (58): 245-253.

**Bach, A. 1999.** Ruminal, Splanich and Mammary Metabolism of Amino Acids in Dairy Cattle. Ph.D. Thesis, University Of Minnesota. USA.

**Bach, A. 2001.** La Reproducción del vacuno lechero. Nutrición y Fisiología. XVII Curso de Especialización FEDNA, España.

**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

**Bath, D., F. N. Dickinson, A. Tucker, y R. D. Appleman. 1986.** Ganadería Lechera en Estados Unidos. En: Ganado Lechero: Principios, Prácticas, Problemas y Beneficios. Nueva Editorial Interamericana. México.

**Batista, J. R. y E. E. Araúz. 2010.** Perfil endocrino y reproductivo durante la lactación relacionado con el anestro postparto y la modulación ovárica para mejorar la eficiencia en la vaca lechera. Artículo disponible en Internet. Engormix.com

**Bauman, D. E. and 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.

- Bazer, F. W. and First, N. L. 1983.** Pregnancy and Parturition. *Journal of Animal Sciences* 57: 426 – 460.
- Bazer, F. W., T. L., Ott and T. E. Spencer. 1994.** Pregnancy recognition in ruminants, pig and horses; Signals from the Trophoblast. *Theriogenology* 41:79.
- 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.
- Bendich, A. 1993.** Physiological role of antioxidants in the immune system. *J. Dairy Sci.* 76:2789-2794.
- Bilby, T. R., L. H. Baumgard, R. J. Collier, R. B. Zimelman, and M. I. Rhoads. 2008.** Heat Stress Effects on fertilityÑ Consequences and possible solutions. Department of Animal Sciences, University of Arizona, AR, USA.
- Blanco, D. y Ramírez, I. E. 2008.** Tecniques for resolving the anoestrus in beef cattle. [En línea] <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030308/030823.pdf>
- Blood, D. C. 1998.** *Medicina Veterinaria*. Editorial Interamericana McGraw-Hill. Madrid, España, pp. 44, 50, 52-53,
- Bosu, W. T. K., 1982.** The use of GnRH in Bovine Reproduction. En: *Large Animal Supplement*. Department of clinical studies, section of Theriogenology, Ontario Veterinary College, University of Guelph, Canada.
- Braden, T. D., D. L. Cermak, J. Mans, G. D. Niswinder, and T. M. Nett, T.M. 1983.** Hypothalamic GnRH, pituitary FSH and LH and Pituitary Receptors for GnRH and Estradiol in Cycling Beef Cows. EN: *Proc. West. Section of American Society of Animal Science*. 34:215-218.
- Britt, J. H. 1985.** Enhanced Reproduction and its economic implications. *J. Dairy Sci.* 68: 1585 - 1592
- Britt, J.H. 1995.** Follicular Development and Fertility: Potential Impacts of Negative Energy Balance. *Proc. III Congreso. Int. Med. Bov. Anembe. Santander.*
- Brzezinska-Slebodzinska y col. (1994):** Antioxidant status of dairy cows supplemented prepartum with vitamin E and selenium. *J. Dairy Sci.* 77:3087-3095.
- Butler, W. R. 2000.** Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod.Sci.* 60-61:449-457.

**Butler, W. R. and R. D. Smith 1989.** Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *Journal of dairy science* 72: 767-783.

**Butler, W. R. y Elrod, C. C. 1991.** Nutrition and Reproduction Relationships in Dairy Cattle Nutritional Conference. Feed Manuf. Ithaca, NY, USA. p. 73-82.

**Butler, W.R. 1998.** Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. En: *Journal of Dairy Science*. Vol. 81 p. 2533-2539.

**Butler, W.R. and Smith, R. D. 1987.** Interrelationships between energy balance postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci* 72:767-783

**Campbell, B. K, H. Dobson & R. J. Scaramuzzi. 1998** Ovarian function in ewes made hypogonadal with GnRH antagonist and stimulated with FSH in the presence or absence of low amplitude LH pulses. *Journal of Endocrinology* 156 213-222.

**Campbell, B. K., Scaramuzzi, R. J., y Webb, R., 1995.** Control of Antral Follicle Development and Selection in Sheep and Cattle. *Journal of Reproduction and Fertility* 49:335-350.

**Campbell, M.H. and J.K. Miller. 1998.** Effect of Supplemental dietary vitamin E and Zinc on reproductive performance of dairy cows and heifers feed excess in: *Journal of Dairy Science*. 81: 2693.

**Capper, J. L.; Cady, R. A. And Bauman, D. E. 2007.** The environmental impact of dairy production: 1994 compared with 2007. *J. Anim Sci*, 2009. 87: 2160-2167

**Cole, H. H. and S. Cups. 1977.** *Reproduction in Domestic Animals 3<sup>rd</sup> Academic Press, New York, USA.*

**Collier, R. J. 1985.** Nutritional, Metabolic and environmental aspects of lactation. En: *Lactation*. Edited by Bruce L. Larson, Iowa State University Press, Ames Iowa, IA, USA pag 80 - 128

**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.

**Cooke D. J, Crowe M. A, Roche J. F, Headon 1996.** Gonadotropin Heterogeneity and its Role in Farm Animal Reproduction. Review. EN: *Animal Reproduction Science* Vol. 41; p. 77-99.

**Correa C. J. 2000.** Relación entre Producción y Reproducción en Bovinos de Alto Potencial Genético.

**De Vries, A., 2004.** Trends In Reproductive Performance In Dairy Cows: What Do The Numbers Tell Us? Proceedings Florida Dairy Reproduction Road Show Department of Animal Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, USA.

**Duby T. R. and R. W. Prange. 2002.** Physiology and endocrinology of the estrous cycle. Dairy Integrated Reproductive Management. University of Massachusetts, USA.

**Edgerton, L.A. 1980.** Effect of Lactation upon the Post-partum Interval. En: A body condition scoring chart for Hplstein dairy cows. Journal of Animal Science Vol. 51, Supply. 2 p. 40.

**Edmonson, A. J., Lean, I.J., Weaver, L. D., Farve, T. y Webster, G. 1989** A body condition scoring chart for Holstein. Journal Dairy Science.72: 68-78.

**Erickson, B.H., 1966.** Development and Senescence of the Postnatal Bovine Ovary. Journal of Animal Science 25:800-805. 15:707-724.

**Esperón, A. E. 2000.** Efecto de la transferencia de tecnología y su impacto en la reproducción en el sistema de reproducción bovina doble propósito en el oriente de Colima. Tesis. Universidad de Colima, Col. México. Pp. 27 - 29

**Faure, R. y Morales C. 2003.** La pubertad de la hembra bovina: I: Aspectos fisiológicos. Rev. Salud Animal. Vol. 25 N° 1 (2003):13-19

**Febres, O. A. 2002.** Recientes avances en nutrición de rumiantes. Memorias XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. ULA – Trujillo.

**Ferguson, J. D. Y Chalupa, W. 1989.** Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. Journal Dairy Science. 72: 746-766.

**Ferguson, J.D. and K.A. Otto. 1980.** Management body condition in dairy cows, pág. 75 in: Proc Cornell Nutr. Conf. For feed manuf., Syracuse, N. Y. Cornell, University, Ithaca, N.Y. USA.

**Fourichon C, Seegers H, Malher X. 2000.** Effect of Disease in the Dairy Cow: Meta Analysis. *Theriogenology*, 53 (6): 1323-1340.

**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.

- Galina, C. S. 1995.** Reproducción de animales domésticos. Editorial UTEHA, México.
- Galina, C.S. and Arthur, G.H. 1989.** Reproduction in the Tropic. Part tree. Puerperium. En: Animal Breeding Abstracts Vol. 57 N o 11
- Garcia, M; Huanca, W. and Echevarría, L. 1990.** Reproductive Performance of Purebred and Crossbred Zebu Cattle under Artificial Insemination in the Amazon tropics. En: Animal Production Vol. 50 p. 41-49.
- Gerloff, B. (1992):** Effect of selenium supplementation on dairy cattle. J. Anim. Sci. 70:3934-3940.
- Gharib, S. D., Wierman, M. E., Supnik M. A., Chin, W. W. 1990.** Molecular Biology of the Pituitary Gonadotropins. En: Endocrine Review Vol. 11 p. 177-199.
- Gill, J, 1978.** Designs and Analysis of Experiments in Animal and Medical Science, Iowa State University, Ames, Iowa, USA.
- Gill, J. 1978.** Analysis of variance and experiments in the animal and medical sciences. Iowa State University, Iowa, USA.
- Ginther, O.J.; Knopf, L.; and Kastelic, P. 1989.** Ovarian Follicular Dynamics in Heifers during Early Pregnancy. En: Biology of Reproduction; 41: 247.
- Gómez, L.J. 1881.** Trastornos Reproductivos y su Manejo en el Ganado de carne. En: Primer curso panamericano sobre producción de ganado de carne en zonas tropicales. Memorias. Medellín, p. 245-269.
- Gong J.G., Campbell B.K., Bramley T.A., Gutierrez C.G., Peters A.R. & Webb R. 1996.** Suppression in the secretion of follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone, and ovarian follicle development in heifers continuously infused with a gonadotropin-releasing hormone agonist. *Biology of Reproduction* 55 68–74.
- Gong, J. and Webb B. 2004.** Ovarian function in the high yielding dairy cow. Scientific report series in reproductive and animal production. School of Biological Sciences, University of Nottingham.
- Goodman, A., y Hodgen, G.D., 1983.** The ovarian triad of the primate menstrual cycle. Recent Progress in Hormone Research 39:1-73.
- Grant, R. and G. Keown. 1996.** Feeding dairy cattle for proper body condition score. Neb Guide G92-1070-A. University of Nebraska, USA.
- Hafez, E. S. E. 1980.** Reproduction in Farm Animals. Lea & Feabiger Co, USA.

**Hafez, E. S. E. 1989.** El aparato reproductor de la vaca y la fisiología de los ovarios. Reproducción e Inseminación Artificial. Ed. McGraw Hill Interamericana, México.

**Hafez, E. S. E. 1996.** Reproducción e Inseminación Artificial. Ed. McGraw Hill Interamericana. México.

**Hafez, E. S. E. y Hafez, B. 2000.** Reproducción e Inseminación Artificial en animales: Ed. McGraw Hill Interamericana.

**Hammack, S. P. 2008.** Type and breed characteristics and uses. The Texas A & M University System.

**Hampton, J. H., J. F. Bader, W. R. Lamberson, M. F. Smith, R. S. Youngquist<sup>1</sup> and H. A. Garverick. 2004.** Gonadotrophin requirements for dominant follicle selection in GnRH agonist-treated cows. *Reproduction* 127: 695 – 703.

**Hampton, J.H., Bader, J.F., Lamberson, W. R., Smith, M.F., Youngquist, R.S. and Garverick, H.A. 2004.** Gonadotropin requirements for dominant follicle selection in GnRH agonist – treated cows. *Biology of Reproduction*. 127: 695 – 703.

**Hansel, W. and Convey, E. 1983.** Physiology of the estrus cycle. *Journal Animal Science*. 57. Supply 2. 404

**Hansen, P. 2009.** Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Phil. Trans. R. Soc. B* (2009) 364; 3341 – 3350. Proceeding of the 7<sup>mo</sup> Western Dairy Management Conference, March 9 – 11, FL, USA

**Hansen, P. J. 2005.** Managing the heat Stressed cow to improve reproduction. Department of Animal Sciences, University of Florida. FL, USA.

**Hansen, P. J. and C. F. Arechiga. 1999.** Strategies for Managing Reproduction in the Heat-Stressed Dairy Cow. *J. Animal Science*, Vol 77 pag 36 – 43

**Hansen, P. J., Drost, M., Rivera, R. M., Paula-Lopes, F. F., Al-Katanani, Y.M., Krininger III, C. E., and C. C. Chase, Jr., 2001.** Adverse Impact of the Heat Stress on Embryo Production: causes and strategies for mitigation. *Theriogenology*. 55: 91-103.

**Harrison, H. H., D. D. Hancock, and H. R. Conrad. 1984.** Vitamin E and selenium for reproduction of the dairy cows. *Journal of Dairy Science* 67:123

**Harrison, J. H. and D. Hancock 2000.** The role of selenium and vitamin E deficiency in postpartum reproductive diseases of the bovine. Department of Animal Sciences, Washington State University.

**Head, H. H. 1986.** Steroid hormones and mammary gland development during gestation. En: *Advanced Physiology of Lactation*. Dairy Science Department, University of Florida, USA.

**Henao, G. y Trujillo, L.E. 2000b.** Dinámica Folicular y Función Lútea Durante la Preñez Temprana de una Vaca Cebú.

**Henao, G., Olivera-Angel, M. and Maldonado-Estrada, J. G. 2000a.** Follicular Dynamics during Postpartum Anestrous and the First Estrous Cycle in Suckled or non Suckled Brahman (*Bos indicus*) Cows. En: *Animal Reproduction Science* Vol. 63 Nov.; p.127-136.

**Henao, G.; Trujillo, L.E.; Vásquez, J.F. y Rúa, L. 2001.** Actividad Ovárica durante el Postparto Temprano de Vacas Cebú en Amamantamiento. EN: *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* Vol. 14 N o 1; En prensa.

**Henao, R. G. 2001.** Reactivación ovárica postparto en bovinos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, Vol. 54 Nos 1 y 2 pp. 1285 – 1302

**Hernández C. J. y Morales R. J. S. 2001.** Falla en la Concepción en el Ganado lechero: Evaluación de terapias hormonales. *Vet. Méx.* 32: 279-287.

**Hernández, J. C. 2000.** Causas y tratamientos de la infertilidad en la vaca lechera. Departamento de Reproducción. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

**Hernández, P. P., C. Sánchez del Real y Gallegos Sánchez J. 2001.** Anestro postparto y alternativas de manejo del amamantamiento en vacas de doble propósito en trópico. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.* Vol. 16 (2), 2001

**Herrera, H. J y Barreras S. A. 2000.** Estadística de la Curva de lactación en la vaca de leche y el Modelo de Wood. En; *Manual de Procedimientos: Análisis estadísticos de experimentos pecuarios*. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

**Hidiroglou, M. 1979.** Trace elements deficiencies and fertility in ruminants: A review. *Journal of Dairy Science* 62:1195

**Hogan, J. F. y Brunner, S. 1999.** Enfermedades infecciosas y parasitarias de los animales domésticos. Editorial Acribia.

**Holy, L. 1987.** *Biología de la Reproducción Bovina*. Ed. Científico – Técnica. La Habana, Cuba. P 332.

**Holy, L. 1987.** Patrones reproductivos en el ganado bovino. *Biología de la Reproducción Bovina*. Ed. Científico – Técnica. La Habana, Cuba.

**Holy, L. 2007.** El ciclo estral en el ganado vacuno. En: Seminario Internacional de Transferencia de Embriones, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

**Howard, H. J. Aalseth, E. P., Adams, G. D. and Bush, L. J. 1987.** Influence of dietary protein reproductive performance of dairy cows. *J. Dairy Sci* 70: 1563 – 1571

**Howard, W.J., D.J. Rozzili, D.G. Windfield, I.K.J. England and Goding J.R. 1983.** The importance of the follicular phase to success and failure in vitro fertilization fértil. Steril. 40: 317.  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030306.html>

**Hurley, W. L., and R. M. Doane 1989.** Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. *Journal of Dairy Science* 72: 784 – 804.

**Ireland, J.J. y Roche, J.F., 1987.** Hypothesis Regarding Development of Dominant Follicles during a Bovine Estrous Cycle. En: Follicular growth and ovulation rate in farm animals. J.F. Roche y D. O<sup>TM</sup> Callaghan (Eds.). Martinus Hijhoff Publishers, The Hague. Pag. 1-18.

**Jadav, P.V., Patel, D. M, Kavani, F. S. and Dharni, A. J. 2010.** GnRH and its Applications in Bovine Reproduction. *J. Adv. Dev. Research.* Vol-1(1) 74-80.

**Jordan, E. R. 2003.** Effects of Heat Stress on Reproduction. 1987. *J. Dairy Sci.* 86:E104 – E114

**Jordan, E. R. 2003.** Effects of heat stress on Reproduction. *J Dairy Sci* 86:E104-E114.

**Kaim, M. A. Bloch, D. Wolfenson, R. Braw-Tal, M. Rosenberg, H. Voet and Y. Folman 2003.** Effects of GnRH Administered to Cows at the Onset of Estrus on Timing of Ovulation, Endocrine Responses, and Conception. *Journal of Dairy Science* 86:2012 – 2021.

**Kamimura, S. Ohgi, T; Takahashi, M and Tsukamoto, T. 1992.** Turnover of Dominant Follicles prior to First Ovulation and Subsequent Fertility in Postpartum Dairy Cows. EN: *Reproduction in Domestic Animals.* 28: 85-90.

**Karsch, F.J.; Bowen, J.M.; Caraty, A.; Evans, N.P. and Moenter, S.M. 1997.** Gonadotropin-releasing Hormone Requirements for Ovulation. EN: *Biology of Reproduction.* 56:303-309.

**Kirby CJ, Smith MF, Keisler DH & Lucy MC 1997** Follicular function in lactating dairy cows treated with sustained-release bovine somatotropin. *Journal of Dairy Science* 80 273–285

**Kirk, H. 1999.** Review of Reproductive Hormones for Dairy cows. Veterinary Medicine. Extension. University of California, Davis, California, USA.

**Kochman K, Gajewaska A. 1996.** Biosynthesis of Gonadotropins *in Vivo*. En: Acta Neurobiol. Exp. Vol. 56 p. 753-756.

**Kolb, E. 1974.** El hierro y la síntesis de hemoglobina. En: Fisiología Veterinaria, Vol II. Editorial Acribia, Zaragoza, España.

**Laboratorios Bayer, 2000.** Boletín Técnico sobre el Pecutrin Vitaminado. Alemania.

**Laboratorios CHEMINOVA, S. A. 2010.** Información técnica de la solución antianémica. México.

**Laboratorios OVER. 2006.** Información Farmacológica e Instructivo Terapéutico del Gestar. Argentina.

**Lamothe-Zavaleta, C.; Fredricsson, G. And Kindal, H. 1991.** Reproductive Performance of Zebu Cattle in Mexico 1. Sexual behavior and Seasonal Influence on Estrous Cyclicity. EN: Theriogenology. 36: 887-896.

**Landau S, Braw-Tal R, Kaim M, Bor A, Bruckental I. 1999.** Pre-ovulatory Follicular Status and Diet Affect the Insulin and Glucose Content of Follicles in High-yielding Dairy Cows. Animal Reproduction Science 2000; 64 (3- 4): 181-197. *Medicine*; 41 (4): 271-278.

**Larson, L. B. 1985.** Biosynthesis and cellular secretion of milk. En: Lactation, Edited by Bruce L. Larson, Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA. Pag 129 – 163.

**Larson, L. L., H. S. Mabruck, y S. R. Lowry. 1980.** Relationship between Early Postpartum Blood Composition and Reproductive Performance in Dairy Cattle. Journal of Dairy Science 63: 2, 283-289

**Le Blanc y col. (2002):** The effect of prepartum injection of vitamin E on health in transition dairy cows. J. Dairy Sci. 85: 1416-1426.

**Leach M. C. and R. D. Allrich. 1991.** Reproduction of Dairy Cattle: Postpartum disorders, Cooperative Extension Service, Perdue University, USA.

**Leslie, K. E., P.A. Doig, W.T.K. Bosu, R.A. Curtis and S.W. Martin. 1984.** Effects of Gonadotrophin Releasing Hormone on Reproductive Performance of Dairy Cows with Retained Placenta. Can J. Comp. Med. 48:354 – 359.

**López H., Satter L. D., y Wiltbank M. C. 2004.** Relationship between Level of Milk Production and Estrous Behavior of Lactating Dairy Cows. Animal Reproduction Science; 81:209-223.

**Lucy M. C, Staples C. R, Thatcher W. W, Erickson P. S, Cleale R. M, Firkins JL, Clark J. H, Murphy MR, Brodie B. O. 1992.** Influence of Diet Composition, Dry Matter Intake, Milk Production and Energy Balance on Time Postpartum Ovulation and Fertility in Dairy Cows. *Animal Production* 54: 323-331.

**Lucy, M. C. 2003.** Mechanisms linking nutrition and reproduction in post partum dairy cows. *Reproductive Supplement* 61:415 – 427.

**Lucy, M. C. 2008.** Repartición de los nutrientes y función reproductiva en vacas lecheras. Conferencia en el VI Congreso Internacional de Lechería integrando reproducción y nutrición en sistemas de producción de leche. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.

**Lucy, M. C.; Savio, J. D.; Badinga, L.; De La Sota, R. L. and Thatcher, W. W. 1992.** Factors that Affect Ovarian Follicular Dynamics in Cattle. *EN: Journal of Animal Science* Vol. 70 p. 3615-3626.

**Lussier, J.G., Matton, P., y Dufour, J.J., 1987.** Growth Rates of Follicles in the Ovary of the Cow. *Journal of Reproduction and Fertility* 81:301-307.

**Mann G. E. and G. E. Lamming 1999.** The Influence of Progesterone during Early Pregnancy in Cattle. *Reproduction of Domestic Animals* 34:269-274.

**Marty, S. A. K, G. Choudhary 1996.** Cytogenetic studies on the *tuarus-indicus* crossbred cows of proper breeding status. *Indian Journal of Animals Health*; 35 (1): 7-10

**McDonald, L. E. 1989.** Patrones de reproducción. En: *Endocrinología Veterinaria y Reproducción*. Editorial McGraw-Hill, México, Pág. 379 – 387.

**McDonald, L.E. 1978.** Reproducción y Endocrinología Veterinaria. Nueva Editorial Interamericana. México, D.F. p. 466.

**McDowell, L. (2000):** Vitamins in animal and human nutrition, 2<sup>nd</sup>. Edition, Iowa State University Press, pp. 793.

**McDowell, R. 1981.** Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. National Research Council, Academy of Sciences. WA, USA

**McDowell, R. E., and J. R. Weldy. 1960.** Water exchange of cattle under heat stress. *Proc. Third Intl. Biometeorological Cong.*, London. pp 414-424. Pergamon Press, New York

**McGuire, M. A., D. K. Beede, M. A. DeLorenzo, C. J. Wilcox, G. B. Huntington, C. K. Reynolds, and R. J. Collier. 1989.** Effects of thermal stress and level of feed intake on portal plasma flow and net fluxes of metabolites in lactating Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 67:1050-106

**McGuire, M. A., D. K. Beede, R. J. Collier, F. C. Buonomo, M. A. DeLorenzo, C. J. Wilcox, G. B. Huntington, and C. K. Reynolds. 1991.** Effects of acute thermal stress and amount of feed intake on concentrations of somatotropin, insulin-like growth factor (IGF)-I and IGF-11, and thyroid hormones in plasma of lactating Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 69:2050-2056.

**Mess – Vayen M. 1998.** Los registros y el manejo de la ganadería bovina de leche. En: Seminario sobre el Programa Vampp Leche. ANAGAN, Provincia de Chiriquí, República de Panamá.

**Mezzadra, C.; Homse, C; Sanpedro, D. and Alberio, R. 1993.** Pubertal Traits and Seasonal Variation of the Sexual Activity in Brahman, Hereford and Crossbred Heifers. *EN: Theriogenology*; 40: 987-996.

**Millar, R. P. 2005.** GnRHs and GnRHreceptors. *Animal Reproduction Science* 88 (2005) 5–28

**Miller y col. (1993):** Oxidative stress, antioxidants, and animal function. *J. Dairy Sci.* 76:2812-2823.

**Moncada, H. 1994.** El Clima, la Nutrición y la Reproducción de Bovinos en Regiones Cálidas Colombianas. En: Manejo de la reproducción bovina en condiciones tropicales. Seminario Internacional. Memorias. Cartagena. CIPEC-CEGA. p. 11-9

**Monniaux, D., Monget, P., Besnard, N., Huet, C., y Pisselet, C., 1997.** Growth Factors and Antral Follicular Development in Domestic Ruminants. *Theriogenology* 47:3-12.

**Montezuma, A. 2010.** Indicadores zootécnicos de las lecherías Grado C en el Distrito de Alanje. En proceso de culminación del manuscrito para sustentación. Comunicación personal. Tesis de Licenciatura en Producción Animal. FCA, Universidad de Panamá.

**Moore, K., and W. W. Thatcher 2006.** Major advances associated with reproduction in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 89:1254 – 1266.

**Morrow, D. 1980.** Physiology and control of parturition in dairy cattle. En: *Theriogenology* Sander Bros Company, New York, USA.

**Murphy, M. G.; Boland, M. P and Roche; J. F. 1990.** Pattern of Follicular Growth and Resumption of Ovarian Activity in Post-partum Beef Suckled Cows. En: *Journal of Reproduction and Fertility* Vol. 90. p. 523-533.

**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.

**Nett TM. 1987.** Function of the Hypotalamic-hypofisial Axis during the Post-partum Period in Ewes and Cows. EN: Journal of Reproduccion and Fertility Vol. 34. Suppl. p. 201-213.

**Noakes, D.E. 1997.** Fertilidad y Obstetricia del Ganado Vacuno. Zaragoza, España. P 175

**NRC (2001):** Nutrient requirements of dairy cattle, 7<sup>th</sup>. Revised edition, National Academy Press, pp. 408.

**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

**Ostrowsky, J., E. Lefebvre, R. Baigun, S. Rutter, A. Gludice, G. Catala, R. Sara, A. Agüero, S. Sucheysne, J. Auzmendi, M. Lattaye, M. Mongiardino y R. García. 1979.** Teriogenología: orientaciones para trabajos prácticos de obstetricia y patología de la reproducción de los animales domésticos. Hemisferio Sur Ed. (Argentina). Tomo 1. 126 pp

**Peters, A.R.: 1986.** Hormonal control of the bovine oestrous cycle. II Phu principles. British Veterinary Journal 142: 20-29.

**Peter, A. T., P. L. A. M., and D. J. Ambrose. 2009.** Postpartum anestrus in dairy cattle. Theriogenology Vol 71, 1333 - 1342

**Philpot, W. N., and Nickerson, S. C. 1992.** Mastitis, Que es?, Perdidas económicas?, Agentes etiológicos y microorganismos. En: El Contra Ataque: Una estrategia para combatir la Mastitis. Hill Farm research Station, Louisiana Agricultural Experiment Station, Louisiana State University. Babson Bros Corporation, Naperville, Illinois, USA. Pag. 3 – 31

**Pratt, B.R.; Berardinelli, J.G.; Stevens, L.P. and InsKeep, E.K. 1982.** Induced Corpora Lutea in the Postpartum Beef Cow. I. Comparison of gonadotropin releasing hormone and human chorionic gonadotropin and effects of progesterone and estrogen. EN: Journal of Animal Science Vol. 54 p. 822-831.

**Quiroz, R. 1987.** Características e indicadores Zootecnimétricos de las Fincas Lecheras en Panamá. Publicación técnica del IDIAP, Panamá.

**Rexroad, C.E. and Casida, L.E. 1975.** Ovarian Follicular Development in Cows, Sows and Ewes in Different Stages of Pregnancy as Affected by Number of Corpora Lutea in the Same Ovary. EN: Journal of Animal Science Vol. 41, No. 4 p. 1090-1097.

**Rhode, K. 1974.** Diagnóstico clínico y relativo a la higiene de la reproducción. En: Control de la Reproducción de los Animales de Interés Zootécnico. Editorial ACRIBIA, España, página 76 - 88

**Rhodes, F.M; Death, G and Entwistle, K.W. 1995.** Animal and Temporal Effects on Ovarian Follicular Dynamics in Brahman Heifers. EN: Animal Reproduction Science Vol. 38 p. 265-277.

**Richards, J.S. y Hedin, L., 1988.** Molecular Aspects of Hormone Action in Ovarian Follicular Development, Ovulation, and Luteinization. Annual Review of Physiology 50:441-463.

**Roth, Z., R. Meidan, R. Braw-Tal y D. Wolfenson. 2000.** Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. J Reprod Fertil 120 (1):83-90.

**Russell, J. V. y L. Ax. 1987.** The role of GnRH in dairy herd reproductive management. En: Bovine reproduction. Proceedings of a Symposium. The Ohio State University. Pag. 5 - 14.

**Sangsrivog S, Combs DK, Sartori R, Armentano LE, Wiltbank MC. 2002.** High Feed Intake Increases Liver Blood Flow and Metabolism of Progesterone and Estradiol-17  $\beta$  in Dairy Cattle. Journal of Dairy Science 85: 2831-2842.

**Sanz, A.; Bernués, A.; Casaus, I.; Villalba, D. y Revilla, R. 2003.** Factores de explotación asociados a la duración del anestro postparto en vacas nodrizas de razas parda de Montaña y Pirenaica. Spanish Journal of Agricultural Research (2003) 1(1), 7-21.

**Sarkel BC, Katpatal BG. 1997.** A study on association of chromosomal aberrations with reproductive abnormalities status. *Indian Journal of Animals Health*; 35 (1): 7-10

**SAS. 1997, 2001.** General Lineal Models and Analysis of Variance – Covariance, Regresion Analysis and Partial Correlation. Statistical Analysis System, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA.

**Schalm, O. 1964.** Valores normales sanguíneos en la vaca. En: hematología Veterinaria. Editorial UTEHA, México. Pag. 146 – 167.

**Senger, P. L. 1997.** The Estrous Cycle in the Cow. En: Pathway to Pregnancy ad parturition. Current Conceptions Inc. Washington State University Research & Technology. Pag. 119 – 128

**Short R. E. Bellow RA, Staigmiller R. B, Berardinelli J. G, Custer E. E. 1990.** Physiological Mechanisms Controlling Anestrous and Infertility in Postpartum Beef Cattle. EN: Journal of Animal Science Vol. 68 p. 799-816.

**Silva, K. M. and C. A. Price. 2001.** Effect of follicle stimulating hormone on steroid secretion and messenger ribonucleic acids encoding cytochroms P450 aromatase and cholesterol side chain cleavage as bovine granulosa cells in vitro. Biol. Reproduction. 62: 186-191.

**Slama, H., D. Vaillancourt and A. K. Goff. 1993.** Leukotriene-B4 in Cows with Normal Calving and in Cows with Retained Fetal Membranes and on Uterine Involution. *Can. Journal of Reproduction and Fertility.* 57: 293-299.

**Smith y col. (1997):** Dietary vitamin E and selenium affect mastitis and milk quality. *J. Anim. Sci.* 75:1659-1665.

**Smith y col. (1998):** Influence of vitamin E and selenium on mastitis and milk quality in dairy cows. Proc. Mid-South Rum. Nutr. Conference. Fort Worth Airport, Texas.

**Smith, M. F.; E. W. McIntush, and G. W. Smith. 1994.** Mechanisms associated with corpus-luteum development. *J. Anim. Sci.* 72:1857-1872.

**Soto, H. C., B. H. González B., M. Rossi, S. Godoy y A. Bello. 1999.** Evaluación de la actividad ovárica de bovinos explotados en condiciones tropicales\* *Zootecnia Tropical*, 17 (1):3-171 1999

**Stahinger, R. C. 2003.** Anestro postparto y pubertad en bovinos de cría. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Colonia Benítez, Chaco, Argentina. p. 3

**Stevenson J.S., Kobayashi Y., Thompson, K.E. 1999.** Reproductive performance of cows in various programmed breeding systems including Ovsyncl combination of gonadotropin-releasing hormone and prostaglandin *Sci.* 82:506-515.

**St-Pierre, N. R., B. Cobanov, and G. Schnitkey. 2003.** Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries<sup>1</sup> American Dairy Science Association, 2003. *J. Dairy Sci.* 86:(E. Suppl.):E52–E77

**Studer, E. 1998.** A veterinary Perspective on of Farm evaluation of nutrition and reproduction. *Journal Dairy Science*; 81(3): 872- 876.

**Sunderland, S. J., Crowe, M. A., Boland, M. B., Roche, J. F., y Ireland, J. J., 1994.** Selection, Dominance and Atresia of Follicles during the Estrous Cycle of Heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 101:547-555.

**Swanson, L. V. 1989.** Discussion – Interactions of nutrition and reproduction. *Journal of Dairy Science* 72; 805 – 814

**Swenson, M. J. and Dukes, H. H. 1995.** Physiology of Reproductive System and Glands in Domestic Animals. En: *Physiology of Domestic Animals*. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.

**Thatcher, W.W., Staples, C.R., Danet-Desnoyers, G., Oldick, B. Y Schmitt, E.P. 1994.** *Journal Animal Science*. 72 (Supply. 3): 16.

**Toribio, R.E.; Molina, J.R.; Forsberg, M; Kindahl, H and Eqvist, L.E. 1995.** Effects of Calf Removal at Parturition on Postpartum Ovarian Activity in Zebu (*Bos indicus*) Cows in the Humid Tropics. EN: *Acta Veterinaria Scandinava* Vol. 36, No.3 p. 343-352.

**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. Pag. 39-77

**Ullah, G., J. W. Fuquay, T. Keawkhong, B. L. Clark, D. E. Pogue y E. J. Murphey. 1996.** Effect of gonadotropin-releasing hormone at estrus on subsequent luteal function and fertility in lactating Holsteins during heat stress. *J Dairy Sci* 79 (11):1950-1953.

**Underwood E. J. y N. F. Suttle (1999):** The mineral nutrition of livestock, 3<sup>rd</sup>. Edition, CAB International, pp. 614.

**Vatti, L. 1975.** Fisiología del Parto y Puerperio en Bovinos. En: *Ginecología y Obstetricia Veterinaria*, Editorial UTEHA, México.

**Vatti, L. 1975.** Fisiología del Parto y Puerperio en Bovinos. En: *Ginecología y Obstetricia Veterinaria*, Editorial UTEHA, México.

**Vega, J. A. 2005.** Características de la situación actual en la producción lechera e industria en Panamá. En: *Producción Lechera Tropical*. Programa de Maestría en Producción Animal. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá.

**Visser R. y R. Wilson. 2006.** Potencial de la producción lechera según los grupos raciales tipo leche. *Horizons*, CRI.

**Vizcarra, A.J.; Wetterman, R.T.; Braden; T.D.; Turzillo, A.M. and Nett, T.M. 1997.** Effect of Gonadotropin-releasing Hormone (GnRH) Pulse Frequency on Serum and Pituitary Concentrations of Luteinizing Hormone and Follicle-stimulating Hormone, GnRH Receptors, and Messenger Ribonucleic Acid for Gonadotropin Subunits in Cows. EN: *Endocrinology* Vol. 138, No. 2 p. 594-601.

**Waldron, M. (2007):** Nutritional strategies to enhance immunity during the transition period of dairy cows. Proc. Florida Rum. Nutr. Symposium, Gainesville, Florida.

**Wattiaux, M. 2003.** The reproductive function of dairy cattle. Babcock Institute for International Dairy Research and Development, University of Wisconsin, USA.

**Wattiaux, M., y W. T. Howard. 2007.** Nutrición y alimentación de la vaca lechera. Instituto Babcock. Documentación en internet.

**Webb, R., Gong, J.G., Law, A.S., y Rusbridge, S.M., 1992.** Control of Ovarian Function in Cattle. Journal of Reproduction and Fertility 45 (Supplement):141-156.

**Weiss, W. (1998):** Requirements of fat-soluble vitamins for dairy cows: A Review. J. Dairy Sci. 81:2493-2501.

**West, J.W. 2004.** Heat Stress Affects How Dairy Cows Produce and Reproduce Animal and Dairy Science Department, University of Georgia.

**Wheeler, B. 2006.** Recomendaciones para la alimentación de las vacas lecheras. Especialista en Ganado Lechero, Canadá (Traducción: Ray Del Pino). Página de Internet, Engormix.com

**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.

**Williams, G.L. 1990.** Suckling as a Regulator of Postpartum Rebreeding in Cattle: a Review. Journal of Animal Science Vol. 68 p. 831-852.

**Williams, G.L. and Griffith M.K. 1995.** Sensory and behavioral Control of Gonadotrophin Secretion during Suckling-mediated an ovulation in Cows. En: Journal of Reproduction and Fertility; Vol. 49, supply. p.463-475

**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.

**Yousef, M. K. 1985a.** Thermoneutral Zone for domestic animals. En: Environmental Physiology in Livestock. Pág. 67 – 73.

**Yousef, M. K. 1985b.** Body heat balance and animal movements as a source of heat production. En: Environmental Physiology in Livestock. Elsevier Science Publishers, London.

**Zinpro, 2007.** Adequate trace mineral nutrition critical for optimum reproductive performance. En: Internet. Pagina webb trace%minerals%20-%20micro%20micro