

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

INFLUENCIA DE LA BIOESTIMULACIÓN HEMATOPOYÉTICA MINERAL POSTPARTAL (Fe, Cu y Co) Y VITAMÍNICA (B₁, B₁₂) SOBRE EL PERFIL SANGUÍNEO, LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO EN VACAS HOLSTEIN.

José Isaac Norato Arroyo

7 – 710 – 1033.

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2019

**INFLUENCIA DE LA BIOESTIMULACIÓN HEMATOPOYÉTICA MINERAL
POSTPARTAL (Fe, Cu y Co) Y VITAMÍNICA (B₁, B₁₂) SOBRE EL PERFIL
SANGUÍNEO, LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y EL DESEMPEÑO
REPRODUCTIVO EN VACAS HOLSTEIN.**

TRABAJO DE GRADO

**SOMETIDA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO
ZOOTECNISTA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

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

APROBADO:

Prof. Ing. Edil Araúz. MSc.

DIRECTOR

Prof. Ing. Alex Samudio MSc.

COMITÉ

Prof. Ing. Joseph Grajales MSc.

COMITÉ

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ
2019**

AGRADECIMIENTO

Ante todo, primeramente, darle las gracias a **Dios Todo Poderoso** por concederme la oportunidad de estar con vida junto a mi familia y por darme la sabiduría, humildad e inteligencia para terminar mi carrera profesional con éxito.

Quisiera agradecerle muy especialmente a **mi mamá Leidy Arroyo**; a mi **esposa Anelis Medina**; a **mi hija Lía Victoria** y a **mis hermanos** por apoyarme y guiarme cada día en perseguir mi sueño; Además me gustaría darle un fuerte abrazo a mi **papá Isaac Norato** (q. p. d. c.) en el cielo y poder dadirle “Gracias por todo lo que me enseñaste, te amo”

De igual manera agradecerle en especial a mi **profesor y amigo M.Sc. Edil E. Araúz** por compartir sus conocimientos, tan valiosos, conmigo; también por motivarme y orientarme para culminar mi trabajo de grado de Licenciatura en Zootecnia.

Por otro lado, me gustaría, darles las gracias a todos mis compañeros de trabajo de la empresa Lácteos Meyers, y al Doctor Edgardo Rico por compartir sus conocimientos conmigo y apoyarme en realizar la investigación en la finca.

“DIOS LES BENDIGA A TODOS”

José Isaac Norato Arroyo

DEDICATORIA

A **mi madre Leidy Arroyo** quien siempre ha estado guiándome y apoyándome, también a **mi hermana Leidy Norato** y a **mis Abuelos** quienes; son parte muy importante en mi vida.

Dedico mi trabajo de grado a **mi hija Lía Victoria Norato** y a mi esposa **Anelis Medina**, las cuales son el motor que me impulsa a salir adelante y quienes más apoyo me han brindado para lograr culminar mis metas a corto y a largo plazo.

Para ustedes con mucho amor y cariño,

José Isaac Norato Arroyo

INFLUENCIA DE LA BIOESTIMULACIÓN HEMATOPOYÉTICA MINERAL POSTPARTAL (Fe, Cu y Co) Y VITAMÍNICA (B₁, B₁₂) SOBRE EL PERFIL SANGUÍNEO, LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO EN VACAS HOLSTEIN.

Resumen

La bioestimulación hematopoyética mineral (Fe, Cu, Co) y vitamínica (B₁, B₁₂) fue utilizada en el periodo lactacional temprano en las primeras 16 semanas después del parto para evaluar su impacto sobre el perfil hematimétrico, la producción y composición de la leche y el desempeño reproductivo en las vacas Holstein en las primeras cuatro lactaciones. Esta investigación se realizó en una finca grado A, ubicada a 1160 msnm, con sistema doble ordeño diario y pastoreo rotacional. Para el estudio se escogieron 4 vacas Holstein de 1^{era}, 2^{da}, 3^{era} y 4^{ta} lactancia, totalizando 16 animales. Dos vacas, de cada lactancia, fueron tratadas con una solución comercial estéril a base de gluconato de hierro (10mg/ml), gluconato de cobre (10mg/ml), gluconato de cobalto (10mg/ml), tiamina (100mg/ml) y cianocobalamina (20mg/ml); y las otras dos vacas sirvieron como grupo control, a las cuales, se les aplicó solución salina fisiológica; Cada solución fue aplicada a su respectivo grupo a razón de 15 ml IM a los 10, 40 y 70 días después del parto. Las vacas fueron muestreadas en su producción de leche durante 16 semanas, y cada semana se recolectó una muestra de leche para el análisis de composición láctea. Las muestras de sangre se tomaron cada 15 días (3.5ml de sangre de la vena coccígea) para el hemograma. El análisis estadístico fue realizado en el programa SAS según el modelo lineal aditivo $Y_{ijkl} = \mu + A_i + \beta(k) + (AB)_{ik} + C_l + (AC)_{il} + (BC)_{kl} + (ABC)_{ikl} + e_{(ijk)}$; La bioestimulación hematopoyética influyó sobre la producción de leche ($P < .0628$) en la 1^{era} y 2^{da} lactación; registrándose incrementos de +4.19Kg/día y +2.32Kg/día, correspondientes a +23.16% y +9.61%. No obstante, en la 3^{era} y 4^{ta} lactancia no se evidenció una influencia significativa ($P > .05$); La bioestimulación influyó significativamente sobre el perfil hematimétrico en el conteo de glóbulos rojos y la concentración de hemoglobina ($P < .0001$), concentración de plaquetas ($P < .0528$) y conteo de glóbulos blancos ($P < .0147$), sin embargo, no mostró diferencia para el hematocrito ($P < 0.1328$), Por lo tanto, la bioestimulación hematopoyética mineral y vitamínica influyó sobre el perfil sanguíneo; mejorando los valores hematimétricos durante la fase post partal temprana; Las vacas más jóvenes fueron las más beneficiadas debido a la exigencia nutricional adicional de crecimiento y por el estrés lactacional que al igual limita el potencial lechero; pero predispone a una mayor captación de nutrientes hematopoyéticos ante la bioestimulación.

Palabras clave: Hematopoyético, Hemoglobina, Perfil hematimétrico, Producción láctea, glóbulos rojos

Influence of haematopoietic stimulation by minerals (Fe, Cu and Co) and vitamins (B₁ and B₁₂) on blood profiles, milk yield and composition and reproductive performance in lactating Holstein cows.

Abstract

The haematopoietic stimulation by minerals (Fe, Cu and Co) and vitamins (B₁ and B₁₂) was used during early lactation across the first 16 weeks after parturition to evaluate its effects on blood profiles, milk yield, milk composition and reproductive performance in the first fourth lactations. This research was done in a grade A dairy farm, located at 1160 msnm; having daily double machine milking, grazing and energy and protein supplementation to balance nutrient requirements for maintenance, activity and production. Four lactating Holstein cows of 1st, 2nd, 3rd and 4th lactation were used in the study; where two animals were randomly assigned to a haematopoietic treatment (Mineral and vitamin complex haematopoietic solution) and two from the same parity were assigned to a control group (Saline Solution). Each two cows within parity were injected with 15 ml of a sterile mineral and vitamin solution based on iron gluconate (10mg/ml), copper gluconate (10mg/ml), cobalt gluconate (10mg/ml), thiamine (100mg/ml), cyanocobalamin (20mg/ml) and the other two cows were injected with sterile saline solution (15 ml IM), which was the control group. Injections were applied at 10, 40 and 70 days after parturition. Milk production was weekly measured across the following 16 weeks; as well as milk samples were taken on each week to analyze milk composition. Blood samples were taken each 15 days (3.5ml of blood from coccygeal vein) in order to analyze the haemogram. The statistical analysis was done using the SAS program, according to the following additive linear model $Y_{ijkl} = \mu + A_i + \beta(k) + (AB)_{ik} + C_l + (AC)_{il} + (BC)_{kl} + (ABC)_{ikl} + e_{(ijk)}$; The haematopoietic stimulation influenced milk production ($P < .0628$); showing the greatest differences at the 1st and 2nd lactation; where differences were +4.19 kg/day and +2.32 kg/day; which represented +23.16% and +9.61%. However, the 3rd and 4th lactation did not show evidence of significant differences ($P > .05$). The stimulation significantly influenced blood profiles as shown by red blood cell count ($P < .06$), mean corpuscular hemoglobin concentration ($P < .0001$), platelets count ($P < .0528$) and White blood cell count ($P < .0147$). The early lactating haematopoietic stimulation by minerals (Fe, Cu and Co) and vitamins (B₁ and B₁₂) positively influenced blood profiles during the first 16 weeks after parturition and were also associated to increases in milk production and milk solid yields, but it did not influence the reproductive performance of any lactation in Holstein cows intensively managed under tropical conditions.

Keywords: haematopoietic, hemoglobin, blood profile, milky production, red cells

ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen	v
Abstract	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE CUADRO	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema a investigar	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. General.....	5
1.4.2. Específicos	5
1.5. Hipótesis	6
1.5.1. Hipótesis alternativa (Ha):	6
1.5.2. Hipótesis Nula (Ho):	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1. Perfil hematológico de las vacas lecheras en gestación y hematopoyesis gestacional mineral y vitamínica.	7
2.2. Disfunciones metabólicas en la vaca lechera durante el periodo de transición	10
2.3. Factores minerales y vitamínicos limitantes de la hematopoyesis en las vacas lecheras.	18
2.3.1. Factores estimulantes a la hematopoyesis; importancia, funciones, volemia y propiedades de la sangre.....	19
2.4. Importancia de la sangre	20
2.4.1. Funciones de la sangre.....	20

2.4.2.	Volumen sanguíneo	21
2.4.3.	Propiedades físicas de la sangre	21
2.4.4.	pH de la sangre.....	22
2.4.5.	Funciones principales de los eritrocitos	22
2.5.	Fisiología nutricional de los oligoelementos (Fe, Cu, Co) y su relación con la hematopoyesis.	24
2.5.1	Hierro (Fe).....	24
2.5.1.1.	Fisiología General	24
2.5.1.2	Requerimiento	24
2.5.1.3	Importancia.....	24
2.5.1.4	Fuentes de Hierro.....	25
2.5.1.5	Deficiencia de hierro	26
2.5.2	Cobre (Cu)	26
2.5.2.1	Fisiología General	26
2.5.2.2	Requerimiento	27
2.5.2.3	Importancia.....	27
2.5.2.4	Fuentes de Cobre.....	28
2.5.2.5	Deficiencia de cobre	28
2.5.3.	Cobalto (Co) y vitamina B ₁₂	29
2.5.3.1.	Fisiología General	29
2.5.3.2.	Requerimiento	29
2.5.3.3.	Importancia.....	30
2.5.3.4.	Fuentes de Cobalto.....	31
2.5.3.5	Deficiencia de cobalto y vitamina B ₁₂	31
2.6.	Importancia fisiológica y nutricional del Fe, Cu, Co y de las vitaminas B₁, B₁₂ para los bovinos; e importancia funcional.....	32
2.7.	Influencia de la gestación, el parto y el puerperio sobre el perfil hematológico en vacas tipo leche.....	33
2.8.	El balance y diferencial Cation-Anión en la vaca seca.....	35
2.9.	Caracterización y clasificación de la anemia subclínica en el bovino de leche.	36
2.9.1	Sintomas comunes de Anemia en vacas lecheras	37
2.9.2.	Clasificación de las anemias	37

2.9.2.1. Hipofunción de la médula ósea (<i>Anemia incapaz de responder</i>).....	37
2.9.2.2. Pérdida de eritrocitos anormales (<i>Anemia capaz de responder</i>).....	38
2.9.2.3. Pérdida de eritrocitos normales	38
2.10. Requerimiento mineral, proteico y energético en las fases de postparto y primer mes lactacional.....	39
2.11. Tendencia de la curva de lactación en los primeros 150 días en la vaca lechera.....	42
2.12. Influencia de la estimulación hematopoyética en bovinos con limitantes hematológicas asociadas en la anemia genérica.....	50
2.13. Influencia de la gestación sobre el requerimiento nutricional en el ganado lechero	51
2.14. Mamogénesis y lactogénesis en las vacas lecheras	52
2.15. Formación del calostro, requerimiento de nutrientes y anticuerpos	54
2.16. Requerimiento nutricional y posible aparición de acidosis ruminal durante la lactancia temprana.	55
III. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	64
3.1. Ubicación del estudio:	64
3.2. Animales experimentales	65
3.3. Procedimiento de la bioestimulación mineral y vitamínica.....	65
3.4. Modelo de alimentación de las vacas	70
3.5. Entorno microclimático diurno.	75
3.6. Diseño y análisis estadístico	76
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	79
4.1. Influencia de la bioestimulación mineral (Fe, Cu, Co) y vitamínica B ₁ , B ₁₂ sobre el perfil sanguíneo, la actividad ovárica y la producción de leche en la fase postpartal temprana	79
4.2. Perfil hematimétrico.....	81
4.2.1. Hematocrito	81
4.2.2. Conteo de Glóbulos Rojos.....	85
4.2.3. Hemoglobina.....	89
4.2.4. Conteo de Glóbulos Blancos.....	93
4.2.5. Plaquetas	97
4.2.6. Perfil Linfocítico	100
4.2.7. Perfil Monocítico.....	104

4.2.8.	Perfil de Neutrófilos	107
4.2.9.	Volumen Celular Medio	111
4.2.10.	Hemoglobina Celular Media.....	114
4.2.11.	Concentración de Hemoglobina Celular Media	118
4.2.12.	Ancho de Banda de Glóbulos Rojos	121
4.3.	Producción de leche	125
4.3.1.	Producción de Leche Real.....	125
4.3.2.	Producción de leche corregida por grasa	134
4.3.3.	Producción de Leche Corregida por Energía	140
4.4.	Composición láctea	143
4.4.1.	Sólidos Totales.....	143
4.4.2.	Grasa Láctea.....	147
4.4.3.	Proteína Láctea.....	150
4.4.4.	Lactosa.....	154
4.5.	Desempeño reproductivo en la fase post partal temprana.	158
5.	CONCLUSIONES.....	160
6.	RECOMENDACIONES	161
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	162

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro I. MACRO Y MICRO MINERALES EN EL SUERO DE VACAS LECHERAS EN DIFERENTES ESTADOS FISIOLÓGICOS	9
Cuadro II. PERFIL SANGUÍNEO EN VACAS PREPARTO, PARTO Y LOS TRES MESES POSTPARTO	13
Cuadro III. PESO ESPECÍFICO DE LA SANGRE	22
Cuadro IV. CONSTITUYENTE DE LA SANGRE Y SUERO DE LOS ANIMALES DOMÉSTICOS (100 cc de sangre)	23
Cuadro V. FUENTE DE HIERRO EN LOS ALIMENTOS	25
Cuadro VI. FUENTE DE COBRE EN LOS ALIMENTOS	28
Cuadro VII. FUENTE DE COBALTO EN LOS ALIMENTOS	31
Cuadro VIII. VALORES NORMALES DEL PERFIL SANGUÍNEO EN LOS ANIMALES DOMÉSTICOS.....	39
Cuadro IX. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN LA DIETA PARA VACAS LECHERAS EN GESTACIÓN AVANZADA, FASE INICIAL Y FINAL ANTES DEL PARTO Y PRIMER MES DE LACTACIÓN.....	41
Cuadro X. INFLUENCIA DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE CON RESPECTO AL NÚMERO DE LACTACIÓN EN VACAS DE LA RAZA HOLSTEIN.....	49
Cuadro XI. REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DE VACAS LECHERAS EN LACTACIÓN NRC 1989.....	60
Cuadro XII. REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DE VACAS LECHERAS EN LACTACIÓN NRC 2001.....	61
Cuadro XIII. DIETA BASE, APORTE DE MACRO Y MICRONUTRIENTES	71
Cuadro XIV. DIETA NÚCLEO, APORTE DE MACRO Y MICRONUTRIENTES.....	71
Cuadro XV. KG DE DIETA SUMINISTRADOS A CADA VACA, COMO OFRECIDO Y EN BASE SECA	74

Cuadro XVI. TOTAL DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES APORTADOS POR LA DIETA.....	74
Cuadro XVII. ANÁLISIS DE VARIANZA – COVARIANZA PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE.....	77
Cuadro XVIII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA CONCENTRACIÓN DE HEMATOCRITO EN SANGRE (HTC).....	82
Cuadro XIX. HEMATOCRITO PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	83
Cuadro XX. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL CONTEO DE GLÓBULOS ROJOS EN SANGRE (RBC).....	86
Cuadro XXI. CONTEO DE GLÓBULOS ROJOS PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	86
Cuadro XXII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL CONTENIDO DE HEMOGLOBINA EN SANGRE (HGB).....	89
Cuadro XXIII. HEMOGLOBINA PROMEDIO AJUSTADA POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	90
Cuadro XXIV. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL CONTEO DE GLÓBULOS BLANCOS EN SANGRE (WBC).....	93
Cuadro XXV. CONTEO DE GLÓBULOS BLANCOS PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	94
Cuadro XXVI. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA CONCENTRACIÓN DE PLAQUETAS EN SANGRE (PLT).....	97

Cuadro XXVII. CONCENTRACIÓN DE PLAQUETAS PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	98
Cuadro XXVIII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL CONTENIDO DE LINFOCITOS EN SANGRE (LYM).....	101
Cuadro XXIX. PERFIL LINFOCÍTICO PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	101
Cuadro XXX. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL CONTEO DE MONOCITOS EN SANGRE (MON)	104
Cuadro XXXI. PERFIL MONOCÍTICO PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	105
Cuadro XXXII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL CONTEO DE NEUTRÓFILOS EN SANGRE (NEU).....	108
Cuadro XXXIII. PERFIL DE NEUTRÓFILOS PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	108
Cuadro XXXIV. VOLUMEN CELULAR MEDIO PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	112
Cuadro XXXV. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA HEMOGLOBINA CELULAR MEDIA EN SANGRE (MCH).....	115
Cuadro XXXVI. HEMOGLOBINA CELULAR PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON	

BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	115
Cuadro XXXVII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA CONCENTRACIÓN DE HEMOGLOBINA CELULAR MEDIA EN SANGRE (MCHC).....	118
Cuadro XXXVIII. CONCENTRACIÓN DE HEMOGLOBINA CELULAR PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	119
Cuadro XXXIX. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL ANCHO DE BANDA DE GLÓBULOS ROJOS EN SANGRE (RDW)	122
Cuadro XL. ANCHO DE BANDA DE GLÓBULOS ROJOS PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	122
Cuadro XLI. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA PRODUCCIÓN DE LECHE REAL (PLr).....	125
Cuadro XLII. PRODUCCIÓN DE LECHE PROMEDIO AJUSTADA POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN	126
Cuadro XLIII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA PRODUCCIÓN DE LECHE CORREGIDA POR GRASA (PLg).....	135
Cuadro XLIV. PRODUCCIÓN DE LECHE PROMEDIO AJUSTADA POR GRASA Y NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	136
Cuadro XLV. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA PRODUCCIÓN DE LECHE CORREGIDA POR ENERGIA (PLe).....	140
Cuadro XLVI. PRODUCCIÓN DE LECHE PROMEDIO AJUSTADA POR ENERGÍA Y NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON	

	BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	141
Cuadro XLVII.	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA COMPOSICIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN LECHE (PST).....	144
Cuadro XLVIII.	COMPOSICIÓN DE SÓLIDOS TOTALES PROMEDIO AJUSTADOS POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	144
Cuadro XLIX.	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA COMPOSICIÓN DE GRASA EN LECHE (Cgr)	147
Cuadro L.	COMPOSICIÓN DE GRASA LÁCTEA PROMEDIO AJUSTADA POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	148
Cuadro LI.	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA COMPOSICIÓN DE PROTEÍNA EN LECHE (Cpr).....	151
Cuadro LII.	COMPOSICIÓN DE PROTEÍNA LÁCTEA PROMEDIO AJUSTADA POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	152
Cuadro LIII.	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA COMPOSICIÓN DE LACTOSA EN LECHE (Clac).....	155
Cuadro LIV.	COMPOSICIÓN DE LACTOSA PROMEDIO AJUSTADA POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN.....	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I. Topografía esquelética de las arterias de la cabeza. Vasos superficiales vistos desde la izquierda.	20
Figura II. Principales etapas productivas de la vaca lechera.....	34
Figura III. Comparación de la curva de lactación, consumo de materia seca y condición corporal	44
Figura IV. Modelización de dos curvas de lactancia con diferentes picos de producción y persistencia. Modelización basada en Wood, 1967.	46
Figura V. Curvas de lactancia estimada mediante el modelo de wood para las épocas secas y lluviosas	48
Figura VI. Curvas de lactancia estimada mediante el modelo de wood para la primera y segunda lactancia	49
Figura VII. Irrigación sanguínea de la glándula mamaria	54
Figura VIII. Nomenclatura del ácido láctico.....	59
Figura IX. (A y B). A, vista superior de los terrenos de la finca los milagros y B, ubica la lechería en donde se tomaron los datos	64
Figura X. Esquema del procedimiento de bioestimulación hematopoyética y grupo control	66
Figura XI. Diagrama de la respuesta hematopoyética y biolactacional	80

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica I. Tendencia del hematocrito (HTC) en la primera lactancia.	83
Gráfica II. Tendencia del hematocrito (HTC) en la segunda lactancia.....	84
Gráfica III. Tendencia del hematocrito (HTC) en la tercera lactancia.	84
Gráfica IV. Tendencia del hematocrito (HTC) en la cuarta lactancia.....	85
Gráfica V. Tendencia del conteo de glóbulos rojos en sangre (RBC) en la primera lactancia.....	87
Gráfica VI. Tendencia del conteo de glóbulos rojos en sangre (RBC) en la segunda lactancia.....	87
Gráfica VII. Tendencia del conteo de glóbulos rojos en sangre (RBC) en la tercera lactancia.....	88
Gráfica VIII. Tendencia del conteo de glóbulos rojos en sangre (RBC) en la cuarta lactancia.....	88
Gráfica IX. Tendencia del contenido de hemoglobina en sangre (HGB) en la primera lactancia.....	91
Gráfica X. Tendencia del contenido de hemoglobina en sangre (HGB) en la segunda lactancia.....	91
Gráfica XI. Tendencia del contenido de hemoglobina en sangre (HGB) en la tercera lactancia.....	92
Gráfica XII. Tendencia del contenido de hemoglobina en sangre (HGB) en la cuarta lactancia.....	92
Gráfica XIII. Tendencia del conteo de glóbulos blancos en sangre (WBC) en la primera lactancia.....	95

Gráfica XIV. Tendencia del conteo de glóbulos blancos en sangre (WBC) EN la segunda lactancia	95
Gráfica XV. Tendencia del conteo de glóbulos blancos en sangre (WBC) en la tercera lactancia	96
Gráfica XVI. Tendencia del conteo de glóbulos blancos en sangre (WBC) en la cuarta lactancia	96
Gráfica XVII. Tendencia de las plaquetas en sangre (PLT) en la primera lactancia ..	98
Gráfica XVIII. Tendencia de las plaquetas en sangre (PLT) en la segunda lactancia ...	99
Gráfica XIX. Tendencia de las plaquetas en sangre (PLT) en la tercera lactancia	99
Gráfica XX. Tendencia de las plaquetas en sangre (PLT) en la cuarta lactancia	100
Gráfica XXI. Tendencia del perfil linfocítico en sangre (LYM) en la primera lactancia ..	102
Gráfica XXII. Tendencia del perfil linfocítico en sangre (LYM) en la segunda lactancia	102
Gráfica XXIII. Tendencia del perfil linfocítico en sangre (LYM) en la tercera lactancia.	103
Gráfica XXIV. Tendencia del perfil linfocítico en sangre (LYM) en la cuarta lactancia..	103
Gráfica XXV. Tendencia de monocitos en sangre (MON) en la primera lactancia.....	105
Gráfica XXVI. Tendencia de monocitos en sangre (MON) en la segunda lactancia	106
Gráfica XXVII. Tendencia de monocitos en sangre (MON) en la tercera lactancia.....	106
Gráfica XXVIII. Tendencia de monocitos en sangre (MON) en la cuarta lactancia	107
Gráfica XXIX. Tendencia de neutrófilos en sangre (NEU) en la primera lactancia	109
Gráfica XXX. Tendencia de neutrófilos en sangre (NEU) en la segunda lactancia.....	109
Gráfica XXXI. Tendencia de neutrófilos en sangre (NEU) en la tercera lactancia	110

Gráfica XXXII. Tendencia de neutrófilos en sangre (NEU) en la cuarta lactancia	110
Gráfica XXXIII. Tendencia del volumen celular medio en sangre (MCV) en la primera lactancia	112
Gráfica XXXIV. Tendencia del volumen celular medio en sangre (MCV) en la segunda lactancia	113
Gráfica XXXV. Tendencia del volumen celular medio en sangre (MCV) en la tercera lactancia	113
Gráfica XXXVI. Tendencia del volumen celular medio en sangre (MCV) en la cuarta lactancia	114
Gráfica XXXVII. Tendencia de la hemoglobina celular media en sangre (MCH) en la primera lactancia	116
Gráfica XXXVIII. Tendencia de la hemoglobina celular media en sangre (MCH) en la segunda lactancia	116
Gráfica XXXIX. Tendencia de la hemoglobina celular media en sangre (MCH) en la tercera lactancia	117
Gráfica XL. Tendencia de la hemoglobina celular media en sangre (MCH) en la cuarta lactancia	117
Gráfica XLI. Tendencia de la concentración de hemoglobina celular media en sangre (MCHC) en la primera lactancia	119
Gráfica XLII. Tendencia de la concentración de hemoglobina celular media en sangre (MCHC) en la segunda lactancia	120
Gráfica XLIII. Tendencia de la concentración de hemoglobina celular media en sangre (MCHC) en la tercera lactancia	120
Gráfica XLIV. Tendencia de la concentración de hemoglobina celular media en sangre (MCHC) en la cuarta lactancia	121

Gráfica XLV. Tendencia del ancho de banda de glóbulos rojos en sangre (RDW) en la primera lactancia	123
Gráfica XLVI. Tendencia del ancho de banda de glóbulos rojos en sangre (RDW) en la segunda lactancia	123
Gráfica XLVII. Tendencia del ancho de banda de glóbulos rojos en sangre (RDW) en la tercera lactancia.....	124
Gráfica XLVIII. Tendencia del ancho de banda de glóbulos rojos en sangre (RDW) en la cuarta lactancia	124
Gráfica XLIX. Medias de la producción de leche real para bioestimulación, control y su diferencia genérica independiente del número lactacional.....	127
Gráfica L Medias de la producción de leche real para bioestimulación y control en las primeras cuatro lactaciones.....	130
Gráfica LI. Tendencia de la producción de leche real (PLR) en la primera lactancia....	131
Gráfica LII. Tendencia de la producción de leche real (PLR) en la segunda lactancia .	132
Gráfica LIII. Tendencia de la producción de leche real (PLR) en la tercera lactancia...	132
Gráfica LIV. Tendencia de la producción de leche real (PLR) en la cuarta lactancia ...	133
Gráfica LV. Tendencia de la producción de leche corregida por grasa al 3.5% (PLg) en la primera lactancia	137
Gráfica LVI. Tendencia de la producción de leche corregida por grasa al 3.5% (PLg) en la segunda lactancia.....	138
Gráfica LVII. Tendencia de la producción de leche corregida por grasa al 3.5% (PLg) en la tercera lactancia	138
Gráfica LVIII. Tendencia de la producción de leche corregida por grasa al 3.5% (PLg) en la cuarta lactancia	139

Gráfica LIX. Tendencia de la producción de leche corregida por energía (PLe) en la primera lactancia	141
Gráfica LX. Tendencia de la producción de leche corregida por energía (PLe) en la segunda lactancia	142
Gráfica LXI. Tendencia de la producción de leche corregida por energía (PLe) en la tercera lactancia Tendencia de la producción de leche corregida por energía (PLe) en la tercera lactancia	142
Gráfica LXII. Tendencia de la producción de leche corregida por energía (PLe) en la cuarta lactancia	143
Gráfica LXIII. Tendencia de la producción de sólidos totales (PST) en la primera lactancia	145
Gráfica LXIV. Tendencia de la producción de sólidos totales (PST) en la segunda lactancia	145
Gráfica LXV. Tendencia de la producción de sólidos totales (PST) en la tercera lactancia	146
Gráfica LXVI. Tendencia de la producción de sólidos totales (PST) en la cuarta lactancia	146
Gráfica LXVII. Tendencia de la composición de grasa en leche (Cgr) en la primera lactancia	148
Gráfica LXVIII. Tendencia de la composición de grasa en leche (Cgr) en la segunda lactancia Tendencia de la composición de grasa en leche (Cgr) en la segunda lactancia	149
Gráfica LXIX. Tendencia de la composición de grasa en leche (Cgr) en la tercera lactancia	149
Gráfica LXX. Tendencia de la composición de grasa en leche (Cgr) en la cuarta lactancia	150

Gráfica LXXI. Tendencia de la composición de proteína en leche (Cgr) en la primera lactancia	152
Gráfica LXXII. Tendencia de la composición de proteína en leche (Cgr) en la segunda lactancia	153
Gráfica LXXIII. Tendencia de la composición de proteína en leche (Cgr) en la tercera lactancia	153
Gráfica LXXIV. Tendencia de la composición de proteína en leche (Cgr) en la cuarta lactancia	154
Gráfica LXXV. Tendencia de la composición de lactosa en leche (Clac) en la primera lactancia	156
Gráfica LXXVI. Tendencia de la composición de lactosa en leche (Clac) en la segunda lactancia	157
Gráfica LXXVII. Tendencia de la composición de lactosa en leche (Clac) en la tercera lactancia	157
Gráfica LXXVIII. Tendencia de la composición de lactosa en leche (Clac) en la cuarta lactancia	158

I. INTRODUCCIÓN

El factor que más influye en la eficiencia reproductiva del ganado lechero es la nutrición (Lucy, 2003); aunque el estrés calórico juegue un papel importante en el desempeño uterino y reproductivo (Araúz, 2006) sin duda alguna, la nutrición, es el factor que enmarca el progreso productivo y reproductivo del hato (Araúz, 2010). La actividad ovárica postpartal de las vacas está estrechamente relacionada con el consumo de nutrientes y con la producción de leche (Butler y Smith, 1989; Lucy, 2003).

En Panamá los hatos bovinos de leche y su desempeño reproductivo parecen estar mayormente afectados por factores ambientales, de manejo, genéticos, sanitarios, fisiológicos y nutricionales. Cada uno de ellos impacta en mayor o menor grado dependiendo del momento lactacional en que incida y del grado de la limitante sobre el desempeño biológico y productivo (preparto o postparto).

La nutrición en particular tiene un importante efecto en el momento de transición, especialmente en el último tercio de la gestación (Drazan, 1982; NRC, 2001). Para vacas de leche en producción se requieren de minerales

como el Fe, Cu, Co, Zn, Se y P, de las vitaminas como la B₁ y B₁₂ circulantes en el plasma sanguíneo.

Estos nutrientes participan en mecanismos bioquímicos, celulares y hormonales relacionados con múltiples sistemas y órganos especializados en el cuerpo animal como lo es el ovario, pituitaria, hígado, hipotálamo, bazo, riñón, y médula ósea (Fraser *et al.*, 1993; Cunningham & Klein, 2009).

1.1. Planteamiento del problema a investigar

La capacitación del sistema mamario, el desarrollo del feto y la producción de calostro representan vías obligatorias para demandar nutrientes en la vaca de lechera (Larson, 1985). Estos procesos representan una reducción de las reservas corporales (grasa, proteína, minerales y vitaminas) por lo cual, al final de la gestación la vaca de leche se encuentra descompensada y fisiológicamente vulnerable después del parto (Araúz, 2014), En consecuencia, la biodisponibilidad de minerales como Fe, Cu, Co, Zn y Vitaminas como la B₁, B₁₂ son factores limitantes para el organismo de la vaca lechera en la fase postparto; limitando la relación y el estado del perfil hematopoyético y de la sangre.

La falta de estos nutrientes en conjunto con la presión metabólica de la lactación que generan un comprometimiento glandular que afecta el sistema

reproductor (Hafez, 1986; Lucy, 2003; Hafez & Hafez, 2000) por lo que se produce un letargo en la reactivación reproductiva postpartal. Por otro lado, la prioridad parcial de micro factores minerales y vitaminas a la par de la reducción del contenido de inmunoglobulinas (IgTs) conforman un escenario celular y del fluido plasmático circulante en donde la hematopoyesis general se puede limitar, conduciendo a una anemia normocítica y normocrómica general subclínica; implicando una lenta recuperación postpartal del perfil hematopoyético, lo cual, afecta la involución uterina en vacas lactantes (Cole & Cupps, 1993; Bustamante, 2001).

En este estudio el objetivo fue investigar si los cambios sanguíneos reflejados después del parto pueden ser recuperados utilizando una suplementación parenteral con Fe, Cu y Co como minerales esenciales para la hematopoyesis (Bustamante, 2001); Y con la utilización simultánea de la cianocobalamina (B₁₂) por lo que se prevé que se debe mejorar el perfil hematimétrico, actividad ovárica, desempeño reproductivo temprano y la propia producción de leche.

1.2. Antecedentes

La base de la alimentación de nuestra ganadería son los pastos, por lo que se constituyen en la plataforma sólida de la nutrición animal, sometida a la variabilidad de los suelos en cuanto a nutrientes. Partiendo del hecho de que los suelos son entes dinámicos o variables que nutren nuestros pastos y a la

vez nuestros animales. Estos tres eslabones conforman la cadena de producción animal, en un ámbito nutricional (MacDonald *et al.*, 1979, 2010).

Sin embargo, la ganadería panameña tiene múltiples fallas en los sistemas o modelos de producción desde la perspectiva del área nutricional debido a que nuestros suelos están muy degradados a causa de la deforestación y la propia de la ganadería, lo que trae como consecuencia las deficiencias de nutrientes que afectan la biología reproductiva y el potencial de la producción de leche requeridos por las vacas para convertirlos en carne o leche.

Los minerales tales como P, Fe, Cu, Co, B₁ y B₁₂ son vitales para las funciones productivas y reproductivas (Swanson, 1989); no obstante, en el último tercio de la gestación juegan un papel fundamental en los procesos fisiológicos que conllevan al desarrollo del feto, vitalidad de procesos importantes como la hematopoyesis, lo cual sirve para mantener el volumen celular circulante en sangre al igual que en el transporte de oxígeno y excreción de metabolitos de la célula.

1.3. Justificación

Esta investigación busca conocer si la bioestimulación con suplementos minerales por vía parenteral pueden ser incluidas para mejorar el perfil sanguíneo postpartum y si esto a su vez tiene correlación con el mejoramiento lechero, la actividad ovárica y el desempeño reproductivo temprano en la

lactación. Sería la primera vez que se estudia el efecto de la suplementación parenteral con oligoelementos y B₁₂ para estimular la hematopoyesis postpartal en base al volumen celular eritrocítico (VCEA), hemoglobina (Hgb), conteo de eritrocitos (CE) y conteo leucocitario (CL).

1.4. Objetivos

1.4.1. General

- Evaluar la influencia de la bioestimulación mineral (Fe, Cu, Co) y vitaminas B₁, B₁₂ sobre el perfil sanguíneo y la producción de leche en la fase postpartal temprana de la lactación en vacas Holstein.

1.4.2. Específicos

- Evaluar la respuesta hematológica (VCEA, Hgb, CGR, CGL) postpartal ante la bioestimulación con Fe, Cu, Co, B₁ y B₁₂.
- Determinar si la bioestimulación hematopoyética con Fe, Cu, Co, B₁ y B₁₂ influye sobre la producción de leche.
- Asociar la bioestimulación hematopoyética con la trayectoria lactacional parcial en los primeros 120 de la lactación.
- Relacionar bioestimulación hematopoyética con el desempeño reproductivo postpartal genérico.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis alternativa (Ha):

- Ha: La bioestimulación postpartal temprana con Fe, Cu, Co, B₁ y B₁₂ parenteral en vacas Holstein influye sobre el perfil hemático, tendencia de la producción de leche, composición láctea, y el desempeño reproductivo en vacas Holstein.

1.5.2. Hipótesis Nula (Ho):

- Ho: La bioestimulación postpartal temprana con Fe, Cu, Co, B₁ y B₁₂ parenteral en vacas Holstein no influye sobre el perfil hemático, tendencia de la producción de leche, composición láctea, y el desempeño reproductivo en vacas Holstein.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Perfil hematológico de las vacas lecheras en gestación y hematopoyesis gestacional mineral y vitamínica.

El perfil mineral en sangre sufre desbalances en el periodo seco (preparto), el parto y en los primeros tres meses de lactancia. Esto se debe a que la vaca destina primordialmente los nutrientes a la circulación fetal los cuales serán utilizados para el desarrollo y crecimiento del feto (Redondo & Gonzalo, 2001).

Drazan (1982), indica que en el último tercio de la gestación la vaca sufre pérdidas considerables de nutrientes a causa del desarrollo del feto. Además, Corbellini (2000), describe en su estudio que el final de la preñez impone un costo substancial al animal, ya que en este momento el desarrollo de la masa placentario-fetal requiere diariamente 0.82 Mcal EM, 117 gr de proteína, 10.3 gr de Ca, 5.5 gr de P y 0.2 gr de Mg. No obstante, otros autores como Luna & Roldan (2013) señalan que la pérdida de minerales en el preparto, parto y lactación se deben a desbalances del Fe, Cu, Zn, P, Mg, Ca, Co y Vitaminas

B₁, B₁₂, lo cual conlleva también a pérdidas de condición corporal (Edmondson *et al.*, 1989).

Una hormona esteroidea, llamada cortisol, secretada en la corteza de la glándula adrenal del feto, es la principal responsable de desencadenar todos los procesos bioquímicos y fisiológicos del parto (Hafez, E. 1996). No obstante, se conoce que el cortisol es uno de los principales causales de los desbalances minerales y energéticos en la hembra bovina lo cual afecta directamente los órganos reproductores y a la vez compromete la salud integral del animal.

Sorensen (1982), señala que en las vacas lecheras el periodo que mayor demanda nutriente es en los primeros tres meses de lactación, esto debido a que la vaca destina los minerales, proteínas y glúcidos necesarios para la producción de leche con la cual mantendrá a la cría. No obstante, la vaca también debe destinar una cantidad de nutrientes a sus funciones vitales: gastos en crecimiento (novillas), gastos en locomoción, condición corporal y por último en sus órganos reproductivos. Por lo tanto, si deseamos que nuestras vacas se preñen entre los 45 a 80 días postparto, necesitamos reponer esos nutrientes necesarios para que cumplan todas sus funciones primordiales y de mantenimiento y así ella destine el restante a la actividad y ciclicidad ovárica postparto (McDonald, 1991).

Cuadro I. MACRO Y MICRO MINERALES EN EL SUERO DE VACAS LECHERAS EN DIFERENTES ESTADOS FISIOLÓGICOS

Estado Fisiológico	Macrominerales (n = 180)				Microminerales (n = 180)		
	Na, mmol/l	K, mmol/l	Ca, mmol/l	Mg, mmol/l	Cu, mmol/l	Zn, mmol/l	Fe, mmol/l
GESTACIÓN							
Campo A	133,055 ±1,794	5,176 a ±0,404	8,980 a ±1,030	1,745 a ±0,217	0,533 a ±0,118	0,373 a ±0,070	1,167 a ±0,202
Campo B	131,496 ±3,181	5,125 ±1,617	9,227 a ±0,595	1,720 a ±0,217	0,580 a ±0,132	0,360 a ±0,099	1,473 ±0,483
Campo C	133,055 a ±1,794	5,176 a 0,404	8,980 a ±1,030	1,747 a ±0,217	0,533 a ±0,118	0,411 a ±0,072	1,167 a ±0,202
PREPARTO							
Campo A	130,412 ±1,916	5,210 a ±0,500	10,360 b ±1,505	2,193 b ±0,198	0,760 b ±0,106	0,760 b ±0,118	1,193 a ±0,356
Campo B	133,023 ±4,642	5,231 ±0,374	9,160 a ±0,582	2,120 b ±0,194	0,633 a ±0,072	0,940 b ±0,176	1,173 ±0,306
Campo C	147,925 b ±8,892	4,674 b ±0,587	11,233 b ±3,134	2,447 b ±0,196	0,740 b ±0,130	0,747 b ±0,167	1,273 a ±0,347
POSPARTO							
Campo A	130,635 ±1,871	4,767 b ±0,658	9,793 b ±1,533	2,040 b ±0,334	0,693 b ±0,110	0,693 b ±0,110	0,960 b ±0,159
Campo B	131,032 ±3,508	5,174 ±0,442	8,987 b ±0,843	1,947 b ±0,210	0,640 a ±0,083	0,833 b ±0,180	1,173 ±0,252
Campo C	150,177 b ±7,068	3,918 b ±0,599	10,887 b ±2,036	2,433 b ±0,238	0,753 b ±0,125	0,761 b ±0,116	1,540 b ±0,336
LACTACIÓN							
Campo A	130,362 ±1,714	4,687 b ±0,477	9,110 a ±1,14	2,04 b ±0,15	0,620 a ±0,068	0,687 b ±0,106	0,893 b ±0,133
Campo B	129,365 ±2,079	5,00 ±0,422	8,60 b ±0,582	1,893 a ±0,240	0,720 b ±0,094	0,867 b ±0,168	1,013 ±0,160
Campo C	129,441 a ±2,319	5,002 a ±0,259	9,113 a ±0,892	1,893 a ±0,158	0,760 b ±0,112	0,711 b ±0,085	0,853 a ±0,155

*Media ± Desviación Estandar.

Fuente: Adaptado de Luna & Roldan (2013).

2.2. Disfunciones metabólicas en la vaca lechera durante el periodo de transición

El periodo de transición abarca las 3 a 4 últimas semanas de gestación y se extiende hasta las 3 a 4 primeras semanas postparto. En este periodo ocurren los principales cambios físicos y fisiológicos que determinarán la producción de leche en la siguiente lactancia y es en esta misma etapa donde la vaca es susceptible a desarrollar múltiples enfermedades metabólicas tales como cetosis, hígado graso, hipocalcemia puerperal, tetania hipomagnesémica. Todas estas enfermedades reconocen a distintos factores nutricionales de riesgo y tienen la característica de estar relacionadas (Corbellini, 2000).

Hacia el final de la preñez, ocurren cambios endocrinológicos que promueven la neoglucogénesis, la cetogénesis y la movilización de ácidos grasos del tejido adiposo. Declina la concentración sérica de insulina, permaneciendo estable o ligeramente incrementada la de glucagón. Antes del parto, se elevan las concentraciones de lactógeno placentario y prolactina y después del mismo, los niveles de somatotropina (GH o STH). Estos cambios, promueven un incremento en la liberación de ácidos grasos libres no esterificados (NEFA) del tejido adiposo, invirtiendo la relación lipogénesis/lipólisis (Quintela *et al.*, 2011). Se observa que la concentración sérica de NEFA y β -OH-Butirato comienzan a incrementarse algunos días antes del parto y no se normalizan hasta varias semanas después del mismo.

El hígado tiene una cierta capacidad de manejar la oferta incrementada de NEFA provenientes del tejido adiposo, ya sea por oxidación o por re-esterificación y exportación de los triglicéridos neoformados al torrente sanguíneo. Una vez que los NEFA son transportados dentro de las mitocondrias de los hepatocitos por intermedio de la carnitin-aciltransferasa I y II, se produce la β -oxidación, con producción de acetil-CoA y NADH.

En el hígado los NEFA se convierten en acetil-CoA destinándose a: 1) β -oxidación como fuente de energía para la célula; 2) esterificación a triacilgliceroles, los cuales son exportados como lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) o almacenados en el hígado; y 3) cetogénesis, cuando hay un déficit de oxalacetato mitocondrial (Noro & Barboza, 2012). Los ácidos grasos para poder ser transportados por el torrente sanguíneo deben estar unidos a la albúmina, de esta forma se forman las (VLDL), no obstante, cuando las vías de metabolización de ácidos grasos se saturan, se producen los cuerpos cetónicos acetoacetato, β -hidroxibutirato (β HB) y acetona. El β HB es el principal cuerpo cetónico que se mide para detectar la falta de alimentos energéticos en la dieta (Martínez, 2010).

Uno de los principales trastornos metabólicos minerales durante el parto es la hipocalcemia puerperal o paresia puerperal o también conocida como fiebre de leche. Ocurre cuando falla la homeostasis del calcio, y su nivel sanguíneo

que normalmente se encuentra entre 9 y 10 mg/dl cae a concentraciones por debajo de 5 mg/dl debido al drenaje de calcio exigido por la lactancia temprana (Andresen, 2001).

Las investigaciones recientes han demostrado que la hipocalcemia no es el resultado de una inadecuada producción de hormonas calciotrópicas, hormona paratiroidea, (HPT) y 1,25 dihidroxiVitamina D - 1,25 (OH)₂ -D₃) sino más bien el resultado de un inadecuado número de receptores en las células “blanco” (células de riñón; huesos; intestino) para estas hormonas (Maiztegui, 2009).

El cuadro II, se ilustra los perfiles de Ca, P, albúmina y proteínas totales en el plasma sanguíneo, tanto en vacas primíparas como en multíparas, durante el parto y los tres primeros meses de lactación.

Cuadro II. PERFIL SANGUÍNEO EN VACAS PREPARTO, PARTO Y LOS TRES MESES POSTPARTO

	Preparto (n=49)	Parto (n=49)	1° mes (n=49)	2° mes (n=49)	3° mes (n=49)
Novilla (n=13)	**a	**bc	bc	c	*b
Media ± desviación típica	5,36 ±0,39	5,76 ±0,55	5,95 ±0,31	5,93 ±0,42	6,18 ±0,34
Intervalo de confianza 95%	5,12–5,60	5,42-6,01	5,77-6,14	5,68-6,18	5,97-6,38
Media recortada 5%	5,38	5,76	5,98	5,95	6,17
Mediana	5,40	5,70	5,90	6,00	6,10
Percentil 10-90	4,68-5,92	4,92-6,66	5,38-6,32	5,10-6,52	5,74-6,72
Percentil 25-75	5,15-5,65	5,45-6,15	5,90-6,20	5,85-6,05	5,90-6,45
Múltipara (n=36)	a	ab	b	c	c
Media ± desviación típica	5,89 ±0,48	6,03 ±0,38	6,09 ±0,48	6,41 ±0,46	6,42 ±0,55
Intervalo de confianza 95%	5,73-6,06	5,90-6,16	5,92-6,25	6,25-6,56	6,24-6,61
Media recortada 5%	5,91	6,02	6,07	6,40	6,41
Mediana	5,95	6,00	6,00	6,30	6,30
Percentil 10-90	5,27-6,60	5,47-6,60	5,40-6,83	5,87-6,90	5,74-7,13
Percentil 25-75	5,60-6,20	5,72-6,20	5,72-6,40	6,10-6,80	6,10-6,70

Proteínas totales (g/l)

	Preparto (n=49)	Parto (n=49)	1° mes (n=49)	2° mes (n=49)	3° mes (n=49)
Novilla (n=13)	**ab	**a	*b	*b	b
Media ± desviación típica	31,67 ±5,04	31,05±4,68	33,60±2,94	34,61±3,62	33,30±3,02
Intervalo de confianza 95%	28,63-34,72	28,22-33,87	31,83-35,38	32,42-36,80	31,48-35,13
Media recortada 5%	32,05	31,00	33,50	34,55	33,12
Mediana	31,93	30,09	33,38	34,25	33,64
Percentil 10-90	22,29-38,01	24,70-39,27	30,00-38,68	29,38-40,69	30,02-38,39
Percentil 25-75	30,74-33,73	27,66-33,73	30,88-35,41	32,01-37,12	30,32-35,59
Múltipara (n=36)	a	ab	ab	ab	b
Media ± desviación típica	30,55 ±4,24	31,41±4,05	31,15±4,07	31,41±3,46	31,70±3,52
Intervalo de confianza 95%	29,11-31,98	30,04-32,78	29,77-32,53	30,24-32,58	30,51-32,89
Media recortada 5%	30,74	31,53	31,36	31,60	31,85
Mediana	31,53	31,73	31,99	31,67	32,23
Percentil 10-90	25,10-35,31	26,72-36,50	25,42-35,62	26,53-35,62	26,58-36,02
Percentil 25-75	28,00-33,05	28,71-34,69	28,82-33,88	29,20-34,25	28,97-34,67

Albúmina (mg/dl)

	Preparto (n=49)	Parto (n=49)	1° mes (n=49)	2° mes (n=49)	3° mes (n=49)
Novilla (n=13)					
Media ± desviación típica	9,99 ±1,48	9,95 ±0,93	10,29±0,80	9,81 ±0,61	9,77 ±0,82
Intervalo de confianza 95%	9,09-10,89	9,39-10,52	9,81-10,77	9,44-10,18	9,28-10,27
Media recortada 5%	10,03	9,94	10,26	9,82	9,80
Mediana	10,70	9,67	10,25	9,94	10,07
Percentil 10-90	7,85-11,88	8,81-11,54	9,02-11,64	8,87-10,61	8,39-10,68
Percentil 25-75	8,70-11,08	9,35-10,81	9,88-10,71	9,13-10,27	9,05-10,42
Múltipara (n=36)					
	ac	b	ab	c	c
Media ± desviación típica	9,63 ±1,15	8,87 ±1,05	9,23 ±1,23	9,79 ±0,85	9,87 ±1,30
Intervalo de confianza 95%	9,24-10,02	8,52-9,23	8,82-9,65	9,50-10,08	9,43-10,31
Media recortada 5%	9,62	8,89	9,27	9,75	9,84
Mediana	9,65	8,97	9,44	9,84	9,87
Percentil 10-90	8,05-11,04	7,45-10,42	7,51-10,70	8,65-10,68	8,10-11,68
Percentil 25-75	8,64-10,52	8,14-9,70	8,49-9,91	9,32-10,21	8,72-10,74

	Preparto (n=49)	Parto (n=49)	1° mes (n=49)	2° mes (n=49)	3° mes (n=49)
Novilla (n=13)		*	*		*
Media ± desviación típica	5,78 ±0,62	5,97 ±0,95	5,61 ±0,41	5,68 ±0,54	5,80 ±0,47
Intervalo de confianza 95%	5,40-6,16	5,39-6,54	5,36-5,86	5,35-6,01	5,51-6,08
Media recortada 5%	5,78	5,86	5,61	5,69	5,81
Mediana	5,61	5,68	5,64	5,73	5,86
Percentil 10-90	4,84-6,81	5,14-7,95	4,96-6,26	4,77-6,39	5,08-6,43
Percentil 25-75	5,40-6,21	5,38-6,18	5,34-5,86	5,21-6,08	5,39-6,19
Múltipara (n=36)					
Media ± desviación típica	5,24 ±0,91	5,37 ±0,56	5,31 ±0,36	5,44 ±0,44	5,47 ±0,45
Intervalo de confianza 95%	4,93-5,55	5,18-5,36	5,18-5,43	5,29-5,58	5,32-5,62
Media recortada 5%	5,22	5,38	5,30	5,43	5,47
Mediana	5,21	5,36	5,35	5,46	5,47
Percentil 10-90	4,52-6,14	4,60-6,26	4,75-5,68	4,85-6,08	4,90-6,09
Percentil 25-75	4,81-5,58	4,91-5,70	5,04-5,60	5,17-5,69	5,10-5,81

Fosforo (mg/dl)

	Preparto (n=49)	Parto (n=49)	1° mes (n=49)	2° mes (n=49)	3° mes (n=49)
Novilla (n=13)	*				
Media ± desviación típica	2,05 ±0,31	1,98 ±0,36	1,95 ±0,41	1,86 ±0,28	2,12 ±0,24
Intervalo de confianza 95%	1,86-2,23	1,76-2,19	1,70-2,20	1,69-2,03	1,97-2,26
Media recortada 5%	2,05	1,96	1,95	1,85	2,13
Mediana	2,03	1,96	1,84	1,78	2,09
Percentil 10-90	1,62-2,39	1,46-2,55	1,39-2,62	1,53-2,34	1,70-2,43
Percentil 25-75	1,69-2,33	1,73-2,23	1,61-2,28	1,61-2,10	2,00-2,36
Múltipara (n=36)	a	a	a	a	B
Media ± desviación típica	1,81 ±0,32	1,74 ±0,41	1,69 ±0,39	1,78 ±0,47	1,99 ±0,48
Intervalo de confianza 95%	1,70-1,92	1,60-1,88	1,56-1,82	1,62-1,94	1,83-2,15
Media recortada 5%	1,82	1,74	1,69	1,76	1,99
Mediana	1,79	1,74	1,68	1,69	1,97
Percentil 10-90	1,43-2,27	1,07-2,39	1,14-2,37	1,20-2,52	1,30-2,54
Percentil 25-75	1,60-2,04	1,52-1,94	1,50-1,89	1,47-2,04	1,65-2,31

*abc diferente letra en una fila indica diferencias significativas (P<0,05) entre periodos post parto

*Diferencias significativas entre estaciones (P<0,05)

**diferencias significativas entre estaciones (P<0,01)

Fuente: Adaptado de Quintela *et al.* (2011).

2.3. Factores minerales y vitamínicos limitantes de la hematopoyesis en las vacas lecheras.

El término hematopoyesis o hemopoyesis significa producción de sangre (Schalm, 1964). El sistema hematopoyético está ampliamente repartido en el organismo y comprende varios órganos que tienen otras funciones además de la formación de sangre:

- ❖ **MÉDULA ÓSEA:** produce eritrocitos, granulocitos, trombocitos y hemoglobina y almacena el hierro (Schalm, 1964)
- ❖ **GANGLIOS Y FOLÍCULOS LINFÁTICOS:** produce linfocitos y participa en la producción de anticuerpos (Kolb, 1979).
- ❖ **HÍGADO:** almacena B₁₂, ácido fólico, hierro. Produce protrombina y fibrinógeno, transforma la bilirrubina libre en glucorónido de bilirrubina para su excreción por vía biliar. Conserva su capacidad hematopoyética embrionaria (Kolb, 1979).
- ❖ **BAZO:** produce linfocitos, almacena eritrocitos y hierro, conserva su capacidad hematopoyética embrionaria. Destruye eritrocitos y hemoglobina mediante su extenso sistema retículo-endotelial (Kolb, 1979).
- ❖ **ESTÓMAGO:** produce HCl para la separación del hierro de las moléculas orgánicas complejas. Produce el factor intrínseco que interviene en la

preparación de la vitamina B₁₂, para su absorción en la mucosa intestinal (Kolb, 1979).

- ❖ **SISTEMA RETÍCULO-ENDOTELIAL:** produce monocitos, destruye eritrocitos y convierte la hemoglobina libre en hierro, globina y bilirrubina libre; Además, almacena hierro (Kolb, 1979).
- ❖ **RIÑÓN:** sitio hipotético de producción de eritropoyetina.

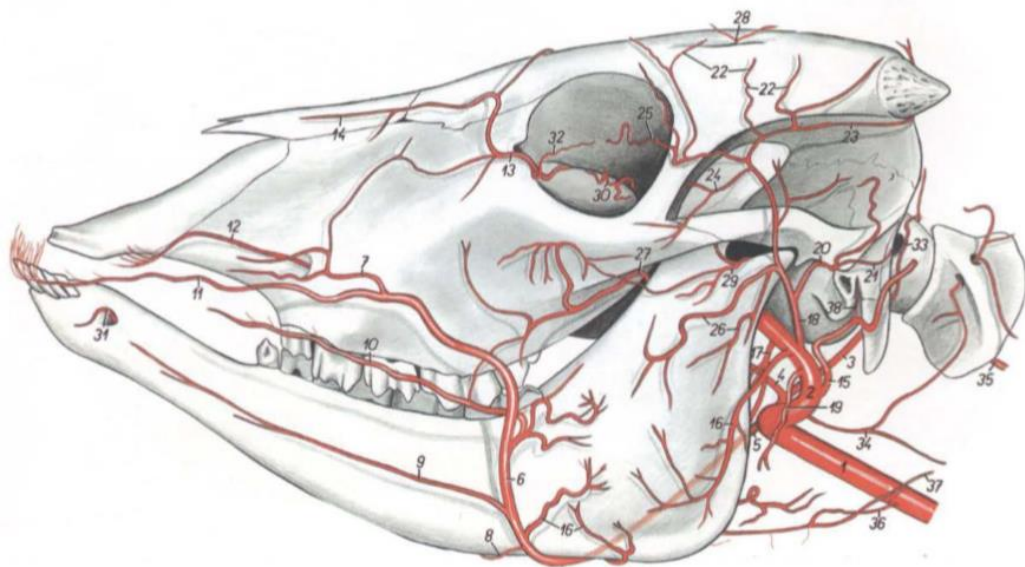
2.3.1. Factores estimulantes a la hematopoyesis; importancia, funciones, volemia y propiedades de la sangre

- Pérdidas hemáticas.
- Hipoxemia.
- Eritropoyetina: Sustancia elaborada por el riñón, extraída de las mitocondrias tanto de la zona medular como de la cortical y cuya producción es influida por la hipófisis y la riqueza de O₂ en la médula ósea. Es posible que fuera del riñón se encuentren otros centros productores de la misma.
- Factores de maduración de origen hepático
- **Factores alimentarios** como los aminoácidos, Fe, Cu, Co, Mn, vitaminas del grupo B, A y C.
- Factores físicos como la luz solar y las temperaturas confortables.

2.4. Importancia de la sangre

Es necesario un riego sanguíneo constante para que los órganos mantengan sus funciones vitales.

Figura I. Topografía esquelética de las arterias de la cabeza. Vasos superficiales vistos desde la izquierda.



Fuente: Adaptado de Popesko (1998).

2.4.1. Funciones de la sangre

- Respiratoria
- Nutritiva
- Excretora
- Defensa

- Reguladora del equilibrio hídrico del cuerpo
- Reguladora del pH
- Reguladora de la presión osmótica
- Transportadora de hormonas
- Transmisión de calor
- Reguladora de la presión sanguínea

Valor de hematocrito

- Vaca = 35,0

2.4.2. Volumen sanguíneo

Volumen total de sangre en mamíferos corresponde a 1/13 a 1/14 del peso corporal = 7,1 – 7,6% del peso vivo (kolb, 1971).

2.4.3. Propiedades físicas de la sangre

- ❖ **COLOR:** la hemoglobina es la responsable del pigmento rojo de la sangre, la cual está incluida en el eritrocito; existe la oxihemoglobina = sangre roja clara (color cereza) y la Carboxihemoglobina = sangre roja oscura, con bajo cantidad de oxígeno (Kolb, 1979).
- ❖ **SABOR:** salado, debido a que contiene diversas sales.
- ❖ **OLOR:** no muy específico, a causa de escasa cantidad de ácidos grasos volátiles, en acetonemia se produce un olor semejante a la fruta por los cuerpos cetónicos (Kolb, 1979).

- ❖ **VISCOSIDAD:** 1/3 de la viscosidad total es por el plasma y está influenciada por la cantidad de eritrocitos y proteínas en el plasma (Kolb, 1979).
- ❖ **PRESIÓN OSMÓTICA:** esta se debe a las sales y componentes orgánicos, el NaCl representa aproximadamente un 54% de los electrolitos de la sangre.

Cuadro III. PESO ESPECÍFICO DE LA SANGRE

<i>Especie</i>	<i>Peso específico (g/ml)</i>
<i>Caballo</i>	1,053
<i>Vaca</i>	1,052
<i>Oveja</i>	1,051
<i>Cabra</i>	1,042
<i>Cerdo</i>	1,046
<i>Gallina</i>	1,044

Fuente: Adaptado de Kolb (1979).

2.4.4. pH de la sangre

Caballo = 7,20 – 7,55.

Vaca = 7,35 – 7,50.

Dato: El pH de la sangre es igual al pH de la leche.

2.4.5. Funciones principales de los eritrocitos

- ✓ Transportar el oxígeno desde los pulmones al resto del cuerpo.

- ✓ Participar en el transporte de dióxido de carbono o anhídrido carbónico.
- ✓ Participar en la regulación del pH de la sangre.

Cuadro IV. CONSTITUYENTE DE LA SANGRE Y SUERO DE LOS ANIMALES DOMÉSTICOS (100 cc de sangre)

Sangre íntegra	Caballo	Vaca	Oveja	Cerdo
<i>Agua, g</i>	78	80	81	80
<i>Hemoglobina, g</i>	11	12	12,5	12
<i>Glucosa, mg</i>	55 - 95	40 - 60	30 - 60	60 - 90
<i>Sodio, mg</i>	200	260	280	215
<i>Potasio, mg</i>	170	40	35	170
<i>Calcio, mg</i>	4	7	5	5
<i>Magnesio, mg</i>	4	5	3	3,5
<i>Hierro, mg</i>	58	40	34	42
<i>Cloruro, mg</i>	280	310	310	300
<i>Fosfato total, mg</i>	27	18	17	45
<i>Fosfato inorgánico, mg</i>	3	5	5	6
<i>Ácido láctico, mg</i>	14	12	10	10
Suero y plasma				
<i>Agua, g</i>	90	91	91	91
<i>Prótidos, g</i>	6,8	6,7	6,5	7,5
<i>Fibrinógeno, mg</i>	300	600	360	500
<i>N residual, mg</i>	34	31	28	32
<i>Bilirrubina total, mg</i>	1,1	0,2	0,2	0,2
<i>Sodio, mg</i>	320	325	330	335
<i>Potasio, mg</i>	18	17	18	20
<i>Calcio, mg</i>	10	10	10	10
<i>Magnesio, mg</i>	2,8	3	2,5	3
<i>Hierro, microgr.</i>	125	100	120	180
<i>Cobre, microgr.</i>	130	85	80	220
<i>Cloruro, mg</i>	360	370	370	370

Fuente: Adaptado de Kolb (1979).

2.5. Fisiología nutricional de los oligoelementos (Fe, Cu, Co) y su relación con la hematopoyesis.

2.5.1 Hierro (Fe)

2.5.1.1. Fisiología General

El hierro ejerce múltiples funciones en el organismo, tiene la misión de ser componente de la hemoglobina en el transporte de oxígeno; En forma de mioglobina constituye una reserva de oxígeno en el musculo (Kolb, 1971).

2.5.1.2 Requerimiento

El organismo animal puede utilizar tanto sales de hierro bivalentes como trivalentes, sin embargo, la absorción de hierro (Fe^{+3}) es pobre en el tracto digestivo (NRC, 2001); la leche contiene cerca de 1mg de Fe/kg (NRC, 1989).

El requerimiento de hierro para terneros es en promedio 34 mg/día (NRC, 1989), coincidiendo con Kolb (1971), que indica de 25 – 30 mg diarios, no obstante, para vacas gestanto indica de 60 a 80 mg/día.

2.5.1.3 Importancia

El último tercio de la gestación representa una forma fisiológica de pérdida de hierro dado a la extracción fetal para el desarrollo normal del proceso de

hematopoyesis y ante todo para la síntesis de hemoglobina fetal (Kolb, 1979). Al momento del parto, también ocurren considerables pérdidas de hierro ya que en este proceso se produce la pérdida de tejido placentario y sangre descompensando el conteo de eritrocitos y hemoglobina circulante lo cual repercute en el perfil hematimétrico de la vaca recién parida y cuya relación puede postergarse en las primeras semanas de la lactación (Schalm, 1964).

2.5.1.4 Fuentes de Hierro.

Cuadro V. FUENTE DE HIERRO EN LOS ALIMENTOS

ALIMENTO	HIERRO, MG/KG DE MS
<i>HENO DE ALFALFA</i>	183
<i>REMOLACHA TOTAL</i>	26
<i>PATATA</i>	38
<i>CEBADA</i>	80
<i>AVENA</i>	140
<i>MAÍZ</i>	30 - 49
<i>SALVADO DE TRIGO</i>	172
<i>MELAZA</i>	90 - 260
<i>HARINA DE SANGRE</i>	3108
<i>HARINA DE PESCADO</i>	381
<i>HARINA DE CARNE</i>	439
<i>HARINA DE CARNE Y HUESO</i>	478

Fuente: Adaptado de Kolb, 1971.

2.5.1.5 Deficiencia de hierro

El hierro suele ser deficiente en los animales durante los primeros días de vida, ya que, la rápida proliferación de hematíes impone una gran demanda al tejido eritropoyético (Underwood & Suttle, 2003). No obstante, el Fe, es uno de los principales componentes necesarios para la formación de la sangre y es exclusivamente más importante su deficiencia en las crías menores a un mes de nacidas, las cuales, no poseen reservas suficientes de Fe, y puede llevar a una anemia ferropénica (Miller, 1989).

Las deficiencias de Fe pueden estar influenciadas por bajo \downarrow Cu, que ocasiona \downarrow ceruloplasmina en el organismo y esta es necesaria para facilitar la absorción de Fe en el duodeno (Underwood, 1981). No obstante, el Fe se transporta como transferrina y se almacena como ferritina principalmente o como hemosiderina, estas reservas de Fe, disminuyen en carencias de este mineral y se agrava mayormente en los animales gestante, por lo tanto, no aumenta significativamente los depósitos de Fe en la cría y disminuye el contenido de Fe en el calostro (Underwood & Suttle, 2003).

2.5.2 Cobre (Cu)

2.5.2.1 Fisiología General

El cobre es necesario y fundamental en conjunto con el hierro, para la síntesis de hemoglobina, ambos trabajan en conjunto en el transporte de oxígeno,

Además el Cu, forma parte también de moléculas de algunas enzimas importantes tales como: tirosinasa, uricasa y butiril-CoA-deshidrogenasa (Kolb, 1971).

2.5.2.2 Requerimiento

La falta de Cu en sangre produce anemia, ya que afecta directamente la hematopoyesis. El requerimiento de Cu absorbido es de 0.15 mg/kg de leche producida (NRC, 1989), sin embargo, durante la gestación temprana (<100 días) es de 0.5 mg/día por vaca, media (100 – 225 días) es de 1.5 mg/día por vaca, tardía (>225 días) es de 2 mg/día por vaca (NRC, 2001).

2.5.2.3 Importancia

El cobre es el segundo mineral más escaso en todos nuestros pastos (Samudio, 2001); por lo tanto, en la mayoría de las raciones para vacas lecheras se hace indispensable utilizar suplementos con Cu. El requerimiento para vacas en producción es de 11 ppm en el alimento; Sin embargo, cuando existen cantidades elevadas de Fe en la dieta inhiben la absorción de Cu (NRC, 1989). Las deficiencias de Cu ocasionan entre otras consecuencias el blanqueo del pelaje, una anemia severa, diarrea, cojera e hinchamiento de las articulaciones.

2.5.2.4 Fuentes de Cobre.

Cuadro VI. FUENTE DE COBRE EN LOS ALIMENTOS

ALIMENTO	COBRE, MG/KG DE MS
HENO DE ALFALFA	11
REMOLACHA TOTAL	7.5
PATATA	6
CEBADA	6
AVENA	5
MAÍZ	0.6 – 3.7
SALVADO DE TRIGO	12
MELAZA	6.8
HARINA DE SANGRE	9
HARINA DE PESCADO	15
HARINA DE CARNE	10
HARINA DE CARNE Y HUESO	39

Fuente: Adaptado de Kolb, 1971.

2.5.2.5 Deficiencia de cobre

Las deficiencias de Cu, a menudo se presentan por cantidades excesivas de molibdeno (Mo); se ha demostrado que el Mo causa un efecto restrictivo sobre la retención de Cu en el animal, sin embargo, Dick (1952, 1953, 1954, 1956) citado por Underwood & Suttle (2003), demostró que este efecto se ejerce solamente en presencia de cantidades suficientes de sulfato inorgánico. El hierro también ejerce un efecto parecido al Mo sobre el Cu, inhibiendo la absorción mediante dos mecanismos: retención de Sulfuro en forma de FeS a partir de hierro soluble en el rumen y la adsorción de Cu a partir de compuestos insolubles. Pedroso & Roller (2009), en su artículo describen que la deficiencia de Cu en vacas lecheras ocasiona trastornos en el aparato reproductor tales como: repeticiones del celo e infecciones uterinas, el retardo en la involución

del útero, el aborto, el retardo en la aparición de la pubertad, el anestro y, en casos extremos, esterilidad. No obstante, Underwood & Suttle (2003), encontró que el exceso de Mo era el responsable de la infertilidad en bovinos y no la deficiencia de Cu, detectando una liberación pulsátil alterada de hormona luteinizante (LH).

2.5.3. Cobalto (Co) y vitamina B₁₂

2.5.3.1. Fisiología General

La primera evidencia de la esencialidad del Co en el ganado vacuno procede de investigaciones realizadas en Australia, donde, se asocia el marasmo enzootico bovino con deficiencias de ↓Co, pero fue hasta el 1948, que un grupo de investigadores descubrieron el factor antianemia pernicioso, llamado posteriormente vitamina B₁₂ (Underwood & Suttle, 2003). El cobalto es la materia prima necesaria requerida, por los microorganismos ruminales, para la formación y síntesis de vitamina B₁₂, Cuando el Co escasea en el suelo, las plantas no cubren el requerimiento del animal, por lo tanto, disminuye la síntesis de Vitamina B₁₂ en el rumen y en consecuencia el animal pierde el apetito, pérdida de peso y retraso del crecimiento (Kolb, 1971).

2.5.3.2. Requerimiento

Son necesarios 0.11 mg de Co/kg de dieta en Materia seca para mantener la concentración de 0.3 µg/L de Vitamina B₁₂ en el tejido (NRC, 2001), sin

embargo, en la nutrición del ganado lechero se requieren 0,033 y 0,066 mg de B₁₂ por cada 100 kg de peso vivo por día (Miller, 1989), Además, Kolb (1979), señala igualmente que son necesarios 0.1 mg de Co/kg para la dieta de bóvidos. Underwood & Suttle (2003), consideran que la concentración dietética marginal para bovinos oscila entre 0.04 – 0.06 mg/Kg de MS.

2.5.3.3. Importancia

El cobalto es un elemento fundamental para la formación de la vitamina B₁₂, en donde los microorganismos del rumen utilizan el Co para el ensamblaje o síntesis de la cianocobalamina (B₁₂). El requerimiento de Co para vacas en producción y en el estado seco ha sido fijado en 0,1 ppm en el alimento. Es importante resaltar que las deficiencias de Co conllevan también a deficiencias de vitamina B₁₂ ya que los microorganismo no podrían sintetizar esta vitamina en el rumen; por lo tanto, las deficiencias de Co en la dieta de vacas lecheras, involucran pérdida de peso y marcado retraso del crecimiento (Kolb, 1971).

La importancia del cobalto radica en dos formas distintas de cobalaminas: la metil-cobalamina, la cual es fundamental para la síntesis de metano, acetato y metionina por los microorganismos ruminales, y la adenosil-cobalamina, que influye sobre el metabolismo energético, al facilitar la formación hepática de glucosa a través de la mutasa metil malonil-Co A, que convierte el succinato a propionato (Underwood, 1981); no obstante, la metil malonil Co A, se acumula por deficiencia de adenosil-cobalamina, la cual es un fuerte inhibidor de la β -

oxidación de los ácidos grasos libres, lo cual, conlleva a sufrir afecciones hepáticas tales como, hígado graso (Underwood & Suttle, 2003).

2.5.3.4. Fuentes de Cobalto.

Cuadro VII. FUENTE DE COBALTO EN LOS ALIMENTOS

ALIMENTO	COBALTO, MG/KG DE MS
HENO DE ALFALFA	0.12
REMOLACHA TOTAL	-
PATATA	0.05
CEBADA	0.02
AVENA	0.04
MAÍZ	0.02 – 0.03
SALVADO DE TRIGO	0.1
MELAZA	0.7
HARINA DE SANGRE	0.09
HARINA DE PESCADO	0.1
HARINA DE CARNE	0.13
HARINA DE CARNE Y HUESO	0.05

Fuente: Adaptado de Kolb, 1971.

2.5.3.5 Deficiencia de cobalto y vitamina B₁₂.

El rumiante hace uso extremadamente ineficiente del Co dietético, los microorganismos ruminales reparten el Co en compuestos activos (cobalaminas) e inactivos (corrinoideas) que el rumiante no puede ni absorber ni utilizar. La falta de cobalamina afecta seriamente el metabolismo del propionato, el cual, es la principal fuente de energía para el rumiante

(Underwood & Suttle, 2003). De cierto modo, el metabolismo del propionato interviene en la acumulación de metilmalonil Co A, el cual es un potente inhibidor de la β -oxidación de los ácidos grasos no esterificados (NEFA), luego estos son transportados al hígado, para su reesterificación a triacilglicerol (TAG), no obstante, cuando la oferta de NEFA, sea muy alta, como ocurre en el periodo de transición, las vías de metabolización colapsan y se acumula TAG en el hígado, produciendo “hígado graso” (Corbellini, 2000). Las deficiencias de Co ocasionan una extrema emaciación o pérdida de carne que se conoce como marasmo enzoótico (Miller, 1989). Sin embargo, La deficiencia de Co ocasiona seguidamente una carencia de B₁₂ lo que causa pérdida del apetito, crecimiento lento, debilidad muscular y mal estado de carnes en general (NRC, 1989).

2.6. Importancia fisiológica y nutricional del Fe, Cu, Co y de las vitaminas B₁, B₁₂ para los bovinos; e importancia funcional.

Múltiples autores como Holmes *et al.*, 1978; Corah, 1978; Cantrell *et al.*, 1982 y Furquin, 1985, citados por Drazan, 1982. Correlacionan directamente el buen o mal desempeño reproductivo postparto con respecto al estado nutricional de las vacas en el último tercio de la gestación. Es por ello, que debemos comprender la importancia del perfil nutricional en este periodo.

Samudio (2001), nos ilustra la situación del perfil mineral de los pastos en Panamá por provincia y encuentra que en la mayoría de ellos existe un orden

de deficiencia que coloca al **fósforo** (P), como el mineral más escaso en todos nuestros pastos, seguido del **cobre** (Cu) y del **zinc** (Zn); no obstante el **Fe, Co y B₁₂** son de extrema importancia para el mantenimiento del perfil hemático circulante, producción de eritrocitos y formación de hemoglobina, por lo que a pesar de ello, cumplen con el buen funcionamiento del sistema circulatorio en el transporte de oxígeno y excreción de dióxido de carbono en la célula.

El déficit de P, según Hernández (2002), está asociado con bajo rendimiento reproductivo postparto, en consecuencia, del incremento de días abiertos, número de servicios por concepción y a la “NO” ciclicidad ovárica.

2.7. Influencia de la gestación, el parto y el puerperio sobre el perfil hematológico en vacas tipo leche.

Según la NRC (2001), indica que durante la gestación el manejo nutricional debe ir acorde con el transcurso de este estado fisiológico presumiendo que en los últimos 90 días las exigencias nutricionales y fisiológicas se incrementan de acuerdo al desarrollo del feto. No obstante, el perfil hematológico de la vaca se ve descompensado debido a que es el único medio de transporte de nutrientes tales como: minerales, vitaminas, energía, proteína y principalmente oxígeno al feto y al resto del cuerpo del animal. De allí la importancia del estudio del perfil hemático de la vaca en el prepartum y en los primeros 100 días postpartum, en donde se exigen las mayores cantidades de

nutrientes al organismo para suplir las necesidades fisiológicas de mantenimiento, producción y en última instancia la parte reproductiva.



Figura II. Principales etapas productivas de la vaca lechera

Fuente: Adaptado de Sepúlveda (2017).

El período de transición para las vacas lecheras comprende las últimas tres semanas previas al parto y las tres semanas posteriores al parto. Durante este período ocurren cambios fisiológicos, metabólicos y nutricionales muy profundos que determinarán el éxito productivo y reproductivo de la vaca en la siguiente lactancia (DeGaris *et al.*, 2008). En este periodo, la vaca se ve enfrentada a muchos cambios fisiológicos y metabólicos que la preparan para la síntesis y secreción de calostro, el parto, y la posterior producción de leche; Hechos que la enfrentan a un fuerte estrés nutricional y metabólico.

Según Breede, (1992), La importancia de este período reside en el hecho de que en él se define en buena medida el futuro productivo, reproductivo,

metabólico y sanitario del animal. Por lo tanto, es prudente seguir ciertas normas nutricionales y de manejo que contribuyan a mejorar el éxito productivo y reproductivo del animal en su próxima lactancia.

2.8. El balance y diferencial Cation-Anión en la vaca seca.

Ha sido demostrado que la hipocalcemia puerperal puede ser prevenida alterando el balance de los cationes y los aniones en la dieta ofrecida durante el parto. El balance debe ser negativo o cercano a cero (De Luca, 2006). Además, existe información referente a que cuanto más alto es el contenido de Ca en la dieta, más efectivo es la prevención de la hipocalcemia. La calcemia es superior en vacas que reciben una dieta con balance negativo, dado por la remoción ósea determinado por la concentración de hidroxiprolina (Maiztegui, 2009)

Tucker *et al* (1992) y Maiztegui (2009), destacan el uso de dietas aniónicas que contengan un balance cation-anión de -10 a -20 meq. Y un aporte diario de 180gr de calcio suministrado en las cuatro últimas semanas de gestación, reducen significativamente la prevalencia de hipocalcemia clínica y subclínica (de un 9% a 4%). Algunos autores tales como Días (2001) y Samudio (2016^a), consideran que en el periodo de transición se deben restringir los cationes en la dieta, sin embargo, Sepúlveda (2017), señala que es importante la dieta aniónica para estimular la producción de parathormona pero además es

necesario un aporte constante de Ca en la dieta para que haya una mejor respuesta de la vaca a este tipo de dieta.

Los errores cometidos en esta etapa tan crítica, resultan en, edemas de ubre, hipocalcemia, acidosis que predispone los problemas podales (Vaquero, 2001), retención de placenta (De Armas, 2011), desplazamiento de abomaso y cetosis, todos ellos comprometen la salud e integridad del animal (De Luca, 2006).

2.9. Caracterización y clasificación de la anemia subclínica en el bovino de leche.

La anemia subclínica en el ganado lechero es una afección caracterizada por la hemoglobina (HGB) insuficiente circulante y clínicamente por la reducción en la tolerancia al ejercicio y por palidez de las membranas mucosas. Se debe a la disminución de la producción, al aumento de la destrucción o a la pérdida de eritrocitos (Fraser *et al.*, 1993).

El diagnóstico de laboratorio de la anemia se basa en los valores de HGB, hematocrito (VH) y de eritrocitos. La caracterización de la anemia es facilitada por los índices de eritrocíticos: volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración media de hemoglobina corpuscular (CMHC).

2.9.1 Síntomas comunes de Anemia en vacas lecheras

- ✓ Instauración repentina de debilidad.
- ✓ Palidez de las membranas mucosas.
- ✓ Incremento del ritmo cardíaco y respiratorio.
- ✓ Cambio en el color de la orina.
- ✓ Anorexia, letargia, depresión.
- ✓ Taquipnea y disnea.

2.9.2. Clasificación de las anemias

2.9.2.1. Hipofunción de la médula ósea (*Anemia incapaz de responder*)

- A. Reducción de la producción de eritrocitos. Anemia nutricional, lesión de hematoblasto, mieloptisis (infiltración neoplásica), neoplasma hematopoyético.
- B. Reducción de la síntesis de Hgb. Deficiencia de hierro, vitamina E o Vitamina B₆.
- C. Supresión o destrucción de hematoblasto medida por inmunidad.
- D. Infecciones virales con depresión de la médula ósea (por ejemplo, retrovirus, parvovirus)

2.9.2.2. Pérdida de eritrocitos anormales (*Anemia capaz de responder*)

- A. Eritrocitos con contenido enzimático deficiente. Anemia de cuerpos de Heinz y anemia hereditaria.
- B. Anemias medidas por inmunidad. Isoinmune, idiopática y “exportador inocente”; enfermedad hemolítica del neonato.
- C. Anemia hemolítica debida a fragmentación intravascular. Vasculitis de las arterias pequeñas.

2.9.2.3. Pérdida de eritrocitos normales

- A. Hemólisis de eritrocitos normales (*capaz de responder*). Esplenomegalia, parasitismo eritrocítico, lesión química o física.
- B. Pérdida de eritrocitos normales (*poca capacidad de responder*). Hemorragia externa o interna o parasitismo.

Las anemias también se pueden clasificar por su capacidad de responder al tratamiento (*capaz de responder o incapaz de responder*) (Durán *et al.*, 2005); sin embargo, es importante conocer primero los valores eritrocíticos normales de las especies domésticas que mayormente utilizamos para la producción animal:

Cuadro VIII. VALORES NORMALES DEL PERFIL SANGUÍNEO EN LOS ANIMALES DOMÉSTICOS

Especie	VH, %	HGB, g/dl	Eritrocitos, 10 ⁶ /μl (10 ¹² /l)	VCM, μm ³ (fl)	CMHC, g/dl
<i>Caballo</i>					
(Razas ligeras)	30 – 48	11 -18	7 – 11	40 – 49	35 - 37
(Razas pesadas)	25 – 45	8 – 14	6 – 9	37 – 52	32 – 38
Vaca	25 – 45	8 – 15	5 – 10	30 – 56	28 – 36
Oveja	25 – 50	9 – 16	8 – 16	25 – 50	30 – 38
Cabra	20 – 37	8 – 14	8 – 18	18 – 34	30 – 40
Cerdo	32 – 50	10 – 16	5 – 8	50 – 68	30 – 35
Perro	37 – 55	12 – 18	5 – 9	62 – 70	33 – 35
Gato	27 – 45	8 - 15	5 – 10	40 – 55	30 – 35
Conejo	35 – 45	9 – 15	5 – 7	60 – 68	31 – 35
Pollo	30 – 40	9 – 13	3	127	29
Pavo	39	11	2	203	29

Fuente: Adaptado de Fraser *et al.* (1993).

2.10. Requerimiento mineral, proteico y energético en las fases de postparto y primer mes lactacional.

La energía es el nutriente más limitante al comienzo de la lactación (Martínez, 2006). Cuando el aporte de la dieta es insuficiente para cubrir la demanda energética de mantenimiento y producción de leche entonces, la vaca comienza la movilización sus reservas de energía (grasas y proteínas en menor cantidad) para cubrir su déficit. A este déficit lo conocemos como Balance Energético Negativo (BEN).

El BEN, en vacas lecheras altamente productoras, afecta al disminuir principalmente la producción de leche, no obstante, en un estudio realizado por (Valle, 2013) señala que, la ovulación se retrasa 2,75 días por cada 1 Mcal de

balance energético negativo de media durante los primeros 20 días posparto. Martínez (2006), también señala que en la medida que más se alargue el momento en que ocurre la primera ovulación determina el número de ciclos para unos determinados días abiertos. Por tanto, cuanto más temprano en el posparto ocurra la primera ovulación, habrá mayor número de ciclos y mayores posibilidades de conseguir que la vaca se quede preñada dentro de ese período.

En el primer cuadro, Luna & Roldan (2013), nos mostraban como varía el perfil mineral en sangre en los periodos preparto, parto y lactación (*véase cuadro I*), observando en ellos que los niveles de Fe, Cu, Zn, Mg, Ca y K tienden a bajar en el parto y lactación. Esto demuestra el impacto que sufre la vaca a nivel sanguíneo a causa del proceso de parto o por un descuido en la alimentación de nuestros animales. En Panamá, nuestros ganaderos al ver la vaca “*gorda*” en sus últimos meses de gestación, acostumbran a reducirles la cantidad de alimento suministrado por día a fin de “*Ahorrar*” dinero (Samudio, 2016^b).

Esta clase de pensamiento nos conduce a tomar decisiones erróneas en nuestra finca lo cual repercute significativamente en el desempeño productivo y reproductivo postparto. El cuadro siguiente (*véase cuadro X*), nos muestra los requerimientos energéticos, proteicos, minerales y vitamínicos que la vaca necesita para mantener sus funciones fisiológicas vitales y para garantizar un mejor desempeño productivo y reproductivo postparto.

Cuadro IX. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN LA DIETA PARA VACAS LECHERAS EN GESTACIÓN AVANZADA, FASE INICIAL Y FINAL ANTES DEL PARTO Y PRIMER MES DE LACTACIÓN

Parámetros Nutricionales y de Alimentación	Periodo Seco Inicial	Periodo Prepartum	Inicio de Lactación (1 mes)
Energía Neta Lactacional (Mcal/kg)	1,10 – 1,2	1,45 – 1,55	1,67 – 1,76
Proteína Total (%)	12 – 13	13 – 14	17 – 18
Proteína Soluble (%)	40 – 50	35 – 45	30 – 34
Proteína Degradable (%)	65 – 70	62 – 67	---
Proteína No Degradable (%)	30 – 35	33 – 38	---
Fibra Ácido Detergente (%)	35 – 40	30 – 35	---
Fibra Neutro Detergente (%)	50 – 65	40 – 45	28 – 32
Calcio (%)	0,31 – 0,35	0,36 – 0,41	0,81 – 0,91
Fósforo (%)	0,19 – 0,21	0,22 – 0,25	0,46 – 0,52
Magnesio (%)	0,18 – 0,20	0,22 – 0,25	0,28 – 0,34
Potasio (%)	0,35 – 0,75	0,70 – 0,80	1 – 1,5
Sodio (%)	0,10 – 0,13	0,12 – 0,15	0,20 – 0,25
Cloro (%)	0,20 – 0,22	0,24 – 0,26	0,25 – 0,30
Azufre (%)	0,16 – 0,18	0,19 – 0,21	0,23 – 0,24
Cobalto (ppm)	0,10	0,12	0,20
Hierro (ppm)	50	60	100
Cobre (ppm)	10 – 15	12 – 18	11 – 25
Yodo (ppm)	0,60	0,70	0,5
Manganeso (ppm)	40	50	44
Zinc (ppm)	40	50	70 – 80
Selenio (ppm)	0,30	0,30	0,3
Vitamina A (UI/kg)	4000	4700	7700
Vitamina D (UI/kg)	1200	1400	1,65 – 2,42
Vitamina E (UI/kg)	25	30	44

Fuente: Adaptado de la NRC (1989).

2.11. Tendencia de la curva de lactación en los primeros 150 días en la vaca lechera.

La curva de lactancia representa la producción de leche a lo largo del ciclo productivo el cual dura aproximadamente 305 días. *El pico de lactancia* es definido como el punto más alto de producción de leche que una vaca alcanza dentro de los primeros 90 días de lactación o producción de leche (DIM, por sus siglas en inglés). Existe una relación positiva entre el pico y la subsecuente producción de leche a lo largo de la lactancia; dicho de otra manera, a medida que los litros de leche al pico incrementan, también incrementan los litros totales producidos por lactancia (Carrillo *et al.*, 2014).

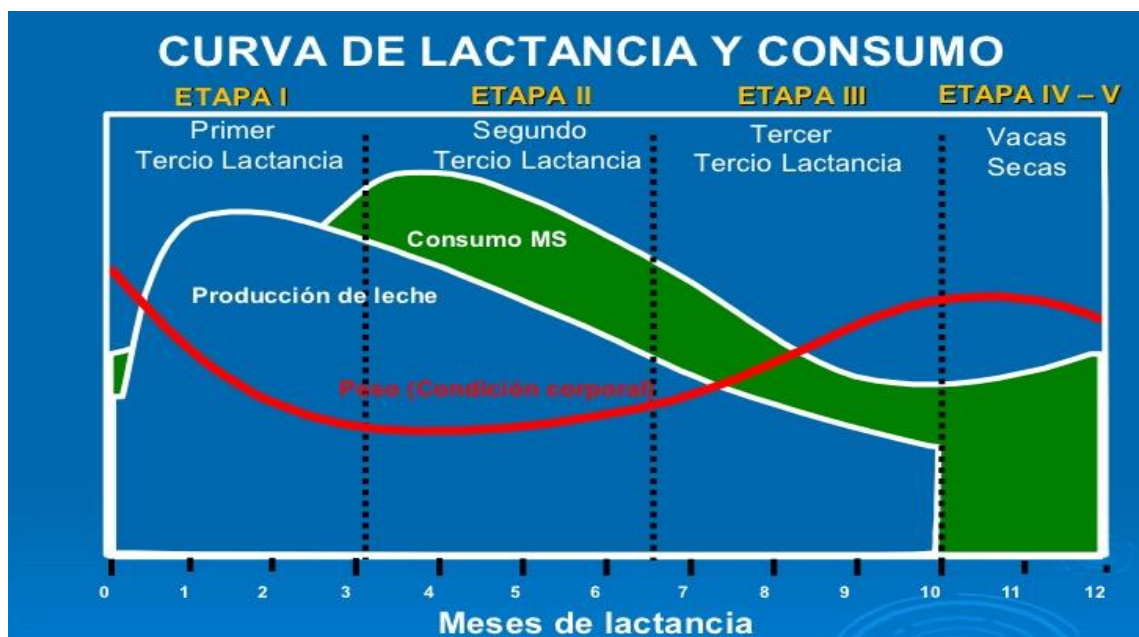
En general, a partir del parto la producción de leche incrementa rápidamente (tasa de ascenso) hasta alcanzar el pico e inmediatamente después la misma desciende gradualmente (tasa de descenso) hasta llegar al final de la lactancia. El término *persistencia* usualmente se refiere a la tasa de descenso en la secreción de leche a partir del pico de producción. Hay una relación inversa entre la tasa de descenso y la persistencia; en otras palabras, a mayor tasa de descenso menor persistencia de lactancia. Visto de otra manera, la persistencia de la curva de lactancia tiene que ver con la habilidad de la vaca para mantener niveles elevados de producción después de haber alcanzado el pico de lactancia (Bretschneider *et al.*, 2015).

Existen múltiples factores que influyen en la producción de leche tales como: genética, estrés (p. ej. Calórico), consumo de materia seca, balance energético de la dieta, estatus sanitario de la finca (p. ej. Mastitis), época anual, manejo del hato.

Como consecuencia de que la energía que se excreta en leche supera la energía consumida, la vaca cursa con balance energético negativo los primeros 90 DIM. Por lo tanto, para contrarrestar la deficiencia energética generada por la depresión del consumo que normalmente ocurre al comienzo de la lactancia, la vaca moviliza reservas corporales y por lo tanto pierde peso. Es importante remarcar que el balance energético negativo es un proceso inevitable, aunque variable en magnitud según la calidad del manejo nutricional del rodeo, sobre todo durante el periodo de transición (desde los 21 días preparto a los 21 días post parto) y en los siguientes 70 DIM (Bretschneider *et al.*, 2015).

La curva de lactancia según Wilcox *et al.*, (1978), presenta tres sectores del periodo lactacional (Etapa I, II y III), por producción y rentabilidad (*Figura III*). El primer tercio se le conoce como sector I, de incremento y decadencia que va desde 0 a 100 días, luego sigue el sector II, central que va desde 101 a 200 y por último el sector III que va desde 201 a 305 días, atendiendo siempre y cuando el manejo productivo y reproductivo del hato (Larson, 1985).

Figura III. Comparación de la curva de lactación, consumo de materia seca y condición corporal



Fuente: Cañas et al. (2009).

La (Figura III) muestra la tendencia de la producción de leche con respecto a la condición corporal. Se observa que las curvas son opuestas lo que quiere decir que la vaca cuando llega al pico de lactación tiene los más altos requerimientos nutricionales y entre ellos el más crítico es la energía, por lo tanto se tiene un balance energético negativo; es decir, que la vaca gasta más energía produciendo leche que la que consume en la dieta lo que significa que el animal está utilizando energía de sus reservas para compensar este balance negativo y esto se traduce en la curva cóncava de condición corporal que se observa en la gráfica.

El consumo de materia seca asciende con una tasa más lenta que la producción de leche porque la vaca se encuentra en un periodo de recuperación paulatina después del parto, este periodo puede ser mayor si el animal sufre problemas durante el parto (p. ej. Distocia): retención de placenta, metritis, etc (De Armas, 2013). La condición corporal aumenta conforme va terminando la lactancia, estas dos curvas son prácticamente inversamente proporcionales.

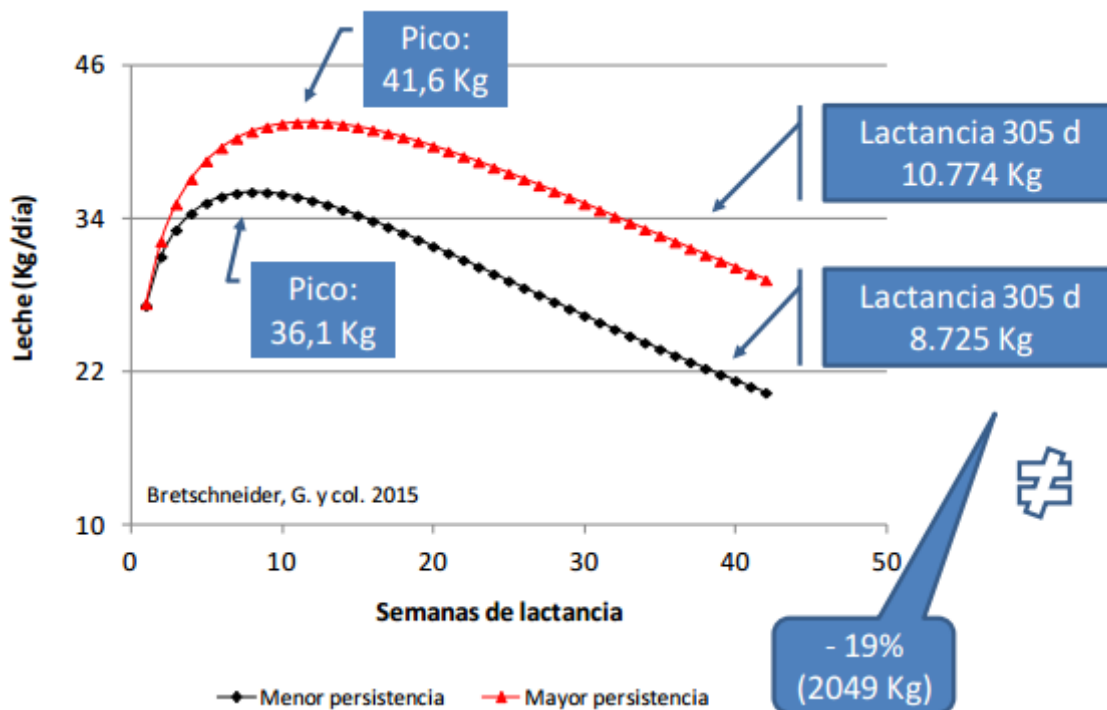
La forma de la curva de lactancia depende del número y actividad de las células secretoras de la ubre. Desde un punto de vista productivo la forma o comportamiento de la curva de lactancia es definida por la producción al inicio de la lactancia, la tasa de ascenso y la tasa de descenso de la producción a través de la lactancia (Ponce & Bell, 1984).

La (*Figura IV*) muestra dos curvas de producción de leche: la curva cuyo pico fue de 41,6 Kg (color rojo), obtuvo mayor producción de leche durante la lactancia en los primeros 90 días lo cual consiguió mayor persistencia. Sin embargo, la curva de menor producción de leche en su lactancia (color negro), obtuvo un nivel inferior en los primeros 90 días lo cual se refleja al tener menor persistencia en su producción (Valle, 2013).

Para ambos casos se parte de la misma producción inicial pero debido a las diferencias en el manejo nutricional, ambas curvas de lactancia difieren en la

tasa de ascenso hasta el pico de producción y en la tasa de descenso una vez alcanzado el mismo (Valle, 2013). En consecuencia, la respuesta a una menor tasa de ascenso es un menor pico de producción más temprano mientras que la respuesta a una mayor tasa de descenso es la menor persistencia de la lactancia. Para este caso, el resultado final es una menor producción de leche/lactancia (- 19%; -2049Kg).

Figura IV. Modelización de dos curvas de lactancia con diferentes picos de producción y persistencia. Modelización basada en Wood, 1967.



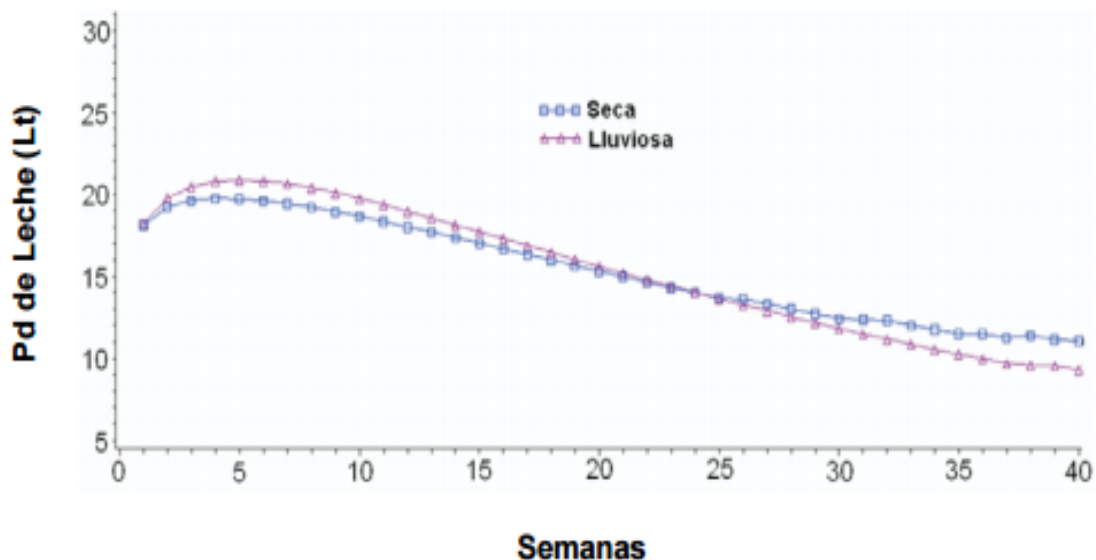
Fuente: Adaptado de Bretschneider *et al.* (2015).

Bartolomé (2009), indica que existe una relación muy estrecha entre el nivel de producción de leche en los primeros 90 días con respecto a la persistencia y producción total de leche. Basados en el ejemplo dado podemos afirmar que es directamente proporcional esta relación, lo que significa que a mayor pico de producción en los 90 primeros días de lactancia, mayor será su persistencia al igual que su producción total de leche durante ese periodo (Bretschneider *et al.*, 2015)

La curva de lactancia ha sido descrita por medio de diferentes funciones matemáticas que explican los cambios en la producción de leche en un tiempo determinado. La elaboración de curvas de lactancia permite la caracterización de los sistemas de producción y su aplicabilidad se puede dar en diferentes prácticas de alimentación, reproducción (Martínez, 2009; Nebel, 2011).

El modelo matemático más utilizado para describir los patrones de producción de leche a través de la lactancia es el propuesto por Wood (1967), el cual permite la estimación de diferentes coeficientes que pueden ser interpretados biológicamente. Cada uno de estos coeficientes está fuertemente influenciado por factores genéticos y ambientales que intervienen en la producción de leche, entre los más destacados están: la raza, el número de partos, el año y mes de parto.

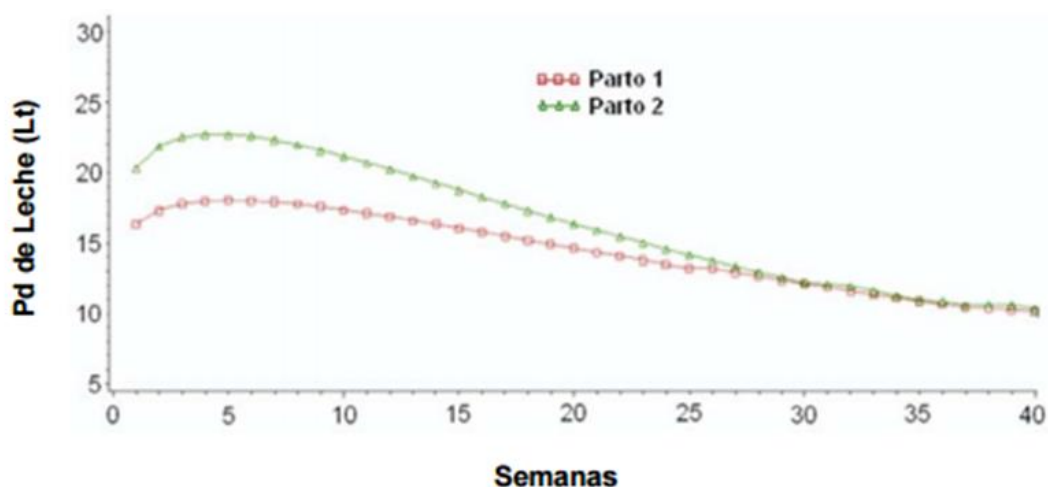
Figura V. Curvas de lactancia estimada mediante el modelo de wood para las épocas secas y lluviosas



Fuente: Cañas *et. al.* 2009.

La época anual es uno de tantos factores que tienen influencia sobre la curva de lactancia de una vaca; otro de ellos es el número de partos de la vaca. Como en la primera lactancia la vaca no puede expresar todo su potencial debido a que tiene altas demandas metabólicas tanto para mantenimiento, producción de leche y crecimiento (Rivera & Quintal, 2001), generalmente no se toman en cuenta estos factores para elaborar la dieta de este grupo de animales primerizas. La gráfica siguiente explicará mejor este hecho.

Figura VI. Curvas de lactancia estimada mediante el modelo de wood para la primera y segunda lactancia



Fuente: Cañas *et al.*, 2009.

Cuadro X. INFLUENCIA DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE CON RESPECTO AL NÚMERO DE LACTACIÓN EN VACAS DE LA RAZA HOLSTEIN

Efecto	Periodo de lactancia			Producción de leche		Producción de leche a los 305 días	
	Nº	Medias (días)	EE	Medias (kg)	EE	Medias (kg)	EE
Año de parto							
82	67	292.1 ^a	46.8	2669 ^{ab}	594	2395 ^{ab}	411
84	64	328.2 ^a	42.4	3043 ^b	546	2603 ^{bc}	375
86	63	283.5 ^a	39.1	2703 ^{ab}	506	2500 ^{abc}	347
88	50	285.4 ^a	37.7	2377 ^a	486	2189 ^a	333
90	42	301.0 ^a	37.4	3045 ^b	480	2824 ^c	330
93	45	248.7 ^a	37.7	2571 ^{ab}	484	2570 ^b	333
Época de parto							
Seca	69	296.5 ^a	38.1	2741 ^a	494	2494 ^a	338
Lluvias	115	283.3 ^a	36.8	2659 ^a	484	2435 ^a	330
Nortes	147	280.7 ^a	35.7	2805 ^a	473	2611 ^a	321
Núm. de partos							
1	102	302.9 ^a	35.0	2567 ^a	460	2280 ^a	314
2	79	299.3 ^a	35.5	2814 ^a	465	2594 ^{ab}	317
3	55	285.1 ^a	37.4	2767 ^a	483	2625 ^b	331
4	42	307.9 ^a	39.6	3050 ^a	507	2687 ^b	349
5	25	290.0 ^a	43.3	2853 ^a	542	2659 ^b	376
6 ó más	28	253.7 ^a	46.2	2359 ^a	579	2236 ^a	402

* N = Número de observaciones

* EE = Error Estandar

* a,b,c Medias dentro de subclase, con literales distintas son diferentes entre si (p<0.05)

Fuente: Cañas *et al.*, 2009.

2.12. Influencia de la estimulación hematopoyética en bovinos con limitantes hematológicas asociadas en la anemia genérica.

El hierro es un metal imprescindible para la formación de hemoglobina. El mecanismo homeostático de las vacas lecheras mantiene los valores de Fe en los niveles óptimos requeridos (*ver cuadro VI*) de acuerdo con la etapa fisiológica en la que se encuentre; sin embargo, cuando el animal está pasando por desbalances de la dieta en donde su cuerpo le exija un mayor grado de concentración de minerales y vitaminas y éstas no sean suplidas, entonces es cuando se presentan las carencias. Las vacas lecheras tienen reservas acumuladas de minerales y vitaminas en algunos órganos y a nivel sanguíneo para compensar estos desbalances; no obstante, cuando la carencia persiste se empieza a observar signos y síntomas característicos de la falta de estos nutrientes.

Las deficiencias de minerales en los animales presentan síntomas específicos que afectan de una u otra manera sus funciones fisiológicas; por ejemplo, la deficiencia de Fe trae como consecuencia inmediata una anemia ferropénica. Según Hernández (2012), considera que las principales causas de problemas reproductivos en vacas lecheras en el postparto se deben a las deficiencias de P, Cu, Zn (Pechin, 1999).

No obstante, Underwood & Suttle (2003), asocian las carencias de Cu, Co, Zn y Vit. B₁₂. Con las fallas reproductivas, subfertilidad, baja producción de leche, de

carne e inmunosupresión. Al bioestimular o agregar estos minerales y vitaminas en la dieta el animal los va a aprovechar inmediatamente a fin de compensar ese desbalance nutricional que la está afectando. He aquí el punto clave de este trabajo de investigación: comprobar que la respuesta a la bioestimulación sea significativa y mejore el perfil hematimétrico, actividad ovárica (Rivera, 2008), desempeño reproductivo temprano y la propia producción de leche.

2.13. Influencia de la gestación sobre el requerimiento nutricional en el ganado lechero

Según Drazan (1982), durante el último tercio de la gestación la vaca sufre una pérdida de nutrientes circulantes en el plasma sanguíneo que se debe a la creciente demanda metabólica que el feto en desarrollo ejerce hacia la placenta. Igualmente, Cole & Cupps (1993) y Holy (1987), señalan que la subnutrición en el último periodo de gestación referida al nivel proteico y energético puede tener como resultado una marcada disminución del peso al momento de nacer, acompañada de un aumento de las pérdidas perinatales.

Salisbury (1964), citado por De Armas (2011), señala que las demandas nutritivas en esta última fase de gestación y del parto son de menor cuantía en comparación con las de la lactación que se aproxima; sin embargo, si no se atiende este requerimiento nutricional obtendremos:

- Baja condición corporal al momento del parto (Butler y Smith, 1989).

- Deficiencias de macro y micro minerales que juegan un papel importante en la reproducción como el P, Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn, Mn, Co, I y Se (Samudio A. 2016^a; Swanson, 1989).
- Deficiencias de vitaminas tales como Vit. A, Vit. E y cianocobalamina (vit. B₁₂) (Días, E. 2001; Hurley & Doane, 1989).
- Falta de energía, proteínas y lípidos (Hernández R. Y Días T. 2013).

Todas estas deficiencias nutricionales conllevan serias repercusiones en el desarrollo fetal y al momento del parto ocasionando problemas de distocia (Morrow, 1983), retención placentaria, anomalías funcionales, bajo peso al nacimiento, crías no viables y hasta la muerte (Cole & Cupps, 1993). Todos estos problemas afectan el periodo de involución uterino normal (aproximadamente 45 días postparto), lo que se traduce en un incremento del periodo abierto y pérdidas económicas para el productor (Mc Donald, 1991; Sorensen, 1982).

2.14. Mamogénesis y lactogénesis en las vacas lecheras

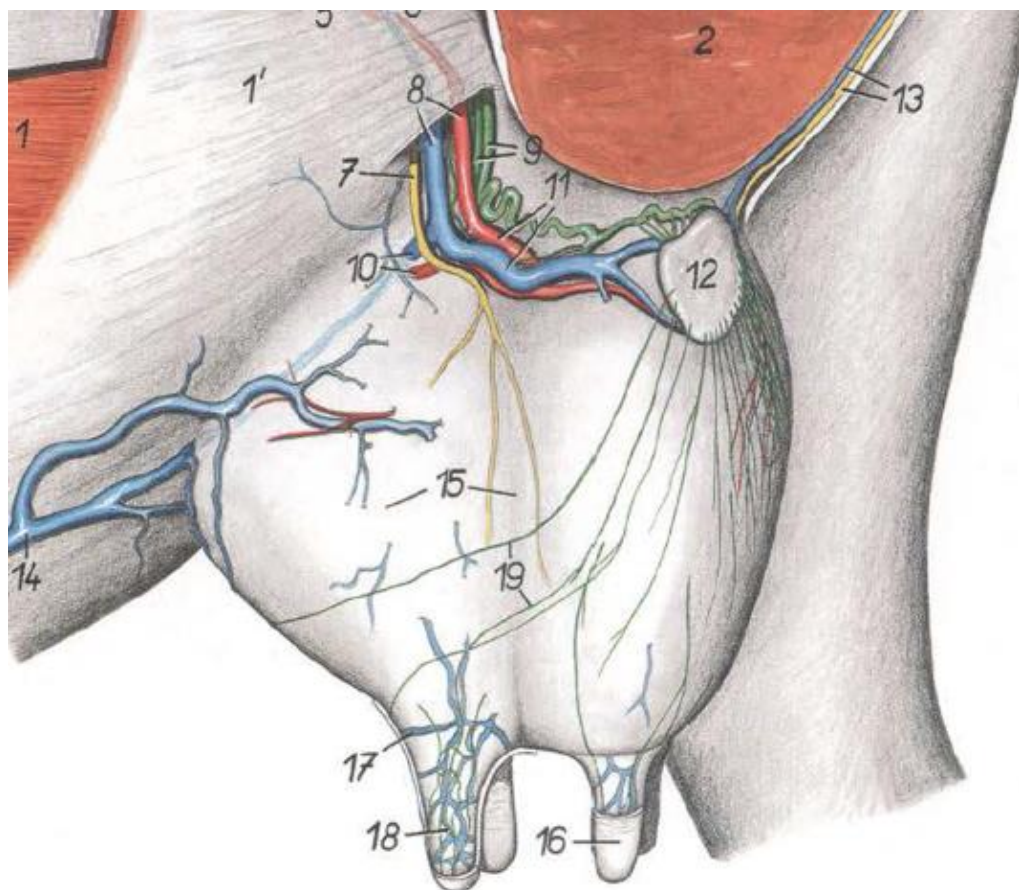
El tejido secretor de la glándula mamaria (parénquima mamario) y su red de capilares sanguíneos empiezan a desarrollarse paralelamente a una tasa más lenta desde la preñez (Glauber, 2007); por lo tanto, en los primeros 5 meses de gestación inicia la sustitución de tejido graso de la ubre por tejido alveolar secretor en un proceso fisiológico conocido como “**Mamogénesis**”; sin

embargo, no es sino hasta el octavo o noveno mes, cuando ocurre un visible crecimiento de la ubre producto de las secreciones alveolares acumuladas (Squires, 2003).

Durante el sexto mes de gestación el tejido glandular se hincha de tal forma que invade casi todo el tejido adiposo, especialmente en torno a las cisternas y a los conductos de gran tamaño (Imagawa *et al.*, 1994). El tejido secretor sigue creciendo durante el resto de la preñez, van desarrollándose y adquiriendo forma definida de tejidos vasculares y linfáticos, aunque los alveolos comienzan a mostrar actividad secretora durante el 9° mes de gestación (Schmidt, 1970). No obstante, la fase de secreción láctea o “**Lactogénesis**” es provocada a partir del parto, debido a un descenso brusco de los niveles de progesterona y estrógenos placentarios en la sangre (Urroz, 1991).

El desarrollo de conductos y bifurcaciones del parénquima mamario madura a medida que avanza la gestación. La principal arteria que irriga la ubre es la mamaria por la que tienen que pasar aproximadamente 800 litros de sangre para producir 2 litro de leche (Daniel A. 2011). Para ello el hígado debe sintetizar 1500gr de glucosa, 150gr de proteína plasmática, 150gr de sustancias grasas y 100gr de urea (Samudio, 2016^b).

Figura VII. Irrigación sanguínea de la glándula mamaria



Fuente: Adaptado de Popesko (1998).

2.15. Formación del calostro, requerimiento de nutrientes y anticuerpos

El calostro es la primera porción de leche que se obtiene de la mama después del parto y está constituido por componentes segregados antes del nacimiento de la cría. La importancia del calostro es su alto contenido de proteína, grasa e inmunoglobulinas las cuales brindan a la cría la primera protección contra

muchas enfermedades comunes en los terneros (inmunidad pasiva) (Mohar, 1992).

La formación del calostro ocurre en los alveolos mamarios los cuales sintetizan los precursores del calostro a partir de los nutrientes sanguíneos circulantes. Se estima que el coeficiente de flujo de sangre / rendimiento de leche en vacas es de 500:1; por lo tanto, se requieren en sangre minerales y vitaminas tales como: Ca, P, Mg, Cu, Fe, Zn, Co, vit. B₁, B₁₂ y agua, los cuales serán simplemente transferidos del plasma sanguíneo a la leche. Sin embargo, los otros precursores del calostro como la lactosa, caseína y α -lactoalbúmina son sintetizados en la ubre a partir de Glucosa, β -lactoalbúmina y aminoácidos libres respectivamente (Schmidt, 1970).

2.16. Requerimiento nutricional y posible aparición de acidosis ruminal durante la lactancia temprana.

Los requerimientos nutricionales (NRC, 1989, 2001) constituyen una referencia para planificar el manejo nutricional y la alimentación del ganado lechero. La lactancia temprana demanda gran consumo energético para lograr mantener los requerimientos de mantenimiento y producción de leche, en vacas altamente productoras, este manejo nutricional debe ser bien atendido para lograr asegurar una alta producción y buen funcionamiento de las hormonas reproductivas en la vaca (Wattiaux, 2003).

La magnitud de los requerimientos nutricionales ha sido indicada para gestación avanzada y vacas en producción; partiendo del mantenimiento corporal y la producción de leche. Existen múltiples factores de ajustes indicados por McDowell (1981) y Araúz (2005 y 2007) como el ajuste por grasa láctea, crecimiento y locomoción (NRC, 2001).

Es preciso conocer que la producción de 10 kg de calostro por día requiere 11 Mcal EM, 140 gr de proteína, 23 gr de Ca, 9 gr de P y 1 gr de Mg. En este momento, la densidad energética de la dieta debería ser de 2.4 a 2.8 Mcal EM/Kg MS, el % de Proteína Cruda del 16-18 %, con el 38-45 % como proteína no degradable en el rumen y de alto valor biológico, el aporte de HCNE del 35-40 % de la MS y el aporte de FDN de no más del 0.78 % en vaquillonas de primera parición y del 0.87 % en vacas adultas (Corbellini, 2000).

La flora microbiana del rumen del vacuno lechero está compuesta por unas 10^{11} UFC de bacterias, 10^5 UFC de protozoos, 10^5 UFC de Mycoplasmas y 10^5 UFC de hongos (Bach, 2006). Sin embargo, comúnmente pasa desapercibido los cambios en la flora ruminal durante la transición.

Durante el parto, el forraje verde es el principal componente de la dieta y está asociado a la presencia de papilas ruminales cortas (0.5 cm), por lo tanto, la flora ruminal se amolda al tipo de material que llega al rumen. Las bacterias celulolíticas, hemi celulolíticas y protozoarios encabezan la proporción de

microorganismos ruminales con dietas altas en forrajes mientras que las amilolíticas permanecen en menor proporción (Andresen, 2008).

Durante el parto ocurren muchos cambios en el animal que conllevan a modificar la dieta del individuo, cambia de una dieta alta en forrajes (preparto) a una con alta concentración de almidones o carbohidratos no fibrosos (CNFs) en el post parto. Con la finalidad de poder cubrir las necesidades energéticas que demanda la lactación temprana (Hans Andresen, 2001). Sin embargo, es necesario un periodo de adaptación para que las bacterias estén preparadas para degradar un alto contenido de CNF en la dieta.

El consumo de grandes cantidades de alimentos ricos en carbohidratos altamente fermentables (azúcares y almidón) como los concentrados es el principal agente etiológico de la acidosis ruminal en los bovinos (Araúz, 2019). Durante el primer tercio de lactancia las vacas no adaptadas sufren cambios bruscos de alimentación por lo tanto entran en un balance energético negativo (BEN) ya que las papilas ruminales se encuentran atrofiadas y no están en condiciones de poder absorber los ácidos grasos volátiles (AGV) liberados (Andresen, 2008)

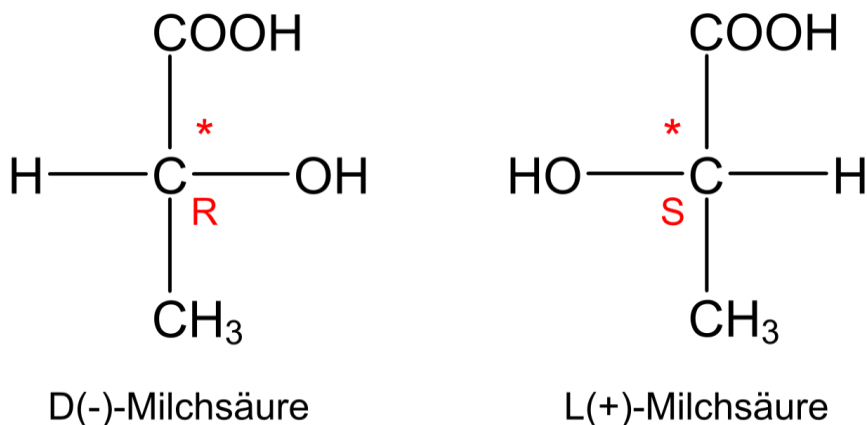
La fermentación ruminal de grandes cantidades de alimentos ricos en carbohidratos no fibrosos (CNF) resulta en el aumento de la producción de AGV, H₂ y lactato, de esa forma los mecanismos tamponantes del rumen

pueden ser suplantados y el pH ruminal puede caer a niveles críticos (por debajo de 5,5) ocasionado por el acúmulo de AGV y lactato (Granja Salcedo *et al.*, 2012).

El acúmulo de los AGV lleva a un grave descenso del pH ruminal resultando en la muerte de los microorganismos ruminales más sensibles al pH bajo (bacterias celulíticas y protozoarios) (Scott *et al.*, 2011). Este ambiente es propenso para la proliferación de bacterias ácido tolerantes como *Streptococcus bovis*, que deja de producir acetato, etanol y formato para producir lactato, llevando a la exagerada producción de ácido láctico y tornándose el principal productor de lactato en el rumen en cuadros de acidosis (Marshall & Edmondson, 2005)

En la mayor parte de los casos, el desarrollo de acidosis se debe más a la no metabolización del ácido láctico que al incremento de síntesis, por otro lado, el lento desarrollo de las bacterias utilizadoras de ácido láctico favorece aún más el cuadro de acidosis.

Figura VIII. Nomenclatura del ácido láctico



Fuente: "Nomenclatura D-L," n.d.

Los isómeros L y D del ácido láctico son producidos por los microorganismos ruminales en una proporción 4:1 en pH mayor a 6,0. El L-lactato es absorbido y rápidamente metabolizado por enzimas localizadas principalmente en el hígado y en el corazón; mientras el D-lactato necesita atravesar la membrana mitocondrial antes de ser oxidado por la enzima D-2-hidroxiácido deshidrogenase, siendo metabolizado lentamente (Granja Salcedo *et al.*, 2012).

La lactación es el periodo de mayor exigencia nutricional en la hembra bovina (Hurley, 2000; Abdelrahman *et al.*, 2010). Por ende, es donde mayor cuidado debe tener el ganadero en cumplir los requerimientos productivos y de sostén de la vaca.

Los siguientes cuadros XI y XII, nos muestran los requerimientos nutricionales para vacas en lactación actualizados por la NRC hasta el (1989) y (2001).

Cuadro XI. REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DE VACAS LECHERAS EN LACTACIÓN NRC 1989

REQUERIMIENTO NUTRICIONAL						
Peso	ENERGÍA			PROTEÍNA	MINERALES	
Vivo (kg)	ENL (Mcal)	EM (Mcal)	ED (Mcal)	PC (gr)	Ca (gr)	P (gr)
MANTENIMIENTO DE VACAS ADULTAS EN PRODUCCIÓN						
400	7,16	12,01	13,80	318	16	11
450	7,82	13,12	15,08	341	18	13
500	8,46	14,20	16,32	364	20	14
550	9,09	15,25	17,53	386	22	16
600	9,70	16,28	18,71	406	24	17
650	10,30	17,29	19,86	428	26	19
700	10,89	18,28	21,00	449	28	20
750	11,47	19,25	22,12	468	30	21
800	12,03	20,20	23,21	486	32	23
MANTENIMIENTO MÁS LOS DOS (2) ÚLTIMOS MESES EN GESTACIÓN						
400	9,30	15,26	18,23	890	26	16
450	10,16	16,66	19,91	973	30	18
500	11,00	18,04	21,55	1053	38	20
550	11,81	19,37	23,14	1131	36	22
600	12,61	20,68	24,71	1207	39	24
650	13,39	21,96	26,23	1281	43	26
700	14,15	23,21	27,73	1355	46	28
750	14,90	24,44	29,21	1427	49	30
800	15,64	25,66	30,65	1497	53	32
NUTRIENTES NECESARIOS / KG DE LECHE PRODUCIDA DE ACUERDO CON EL % DE GRASA						
3,0	0,64	1,07	1,23	78	2,73	1,68
3,5	0,69	1,15	1,33	84	2,97	1,83
4,0	0,74	1,24	1,42	90	3,21	1,98
4,5	0,78	1,32	1,51	96	3,45	2,13
5,0	0,83	1,40	1,61	101	3,69	2,28
5,5	0,88	1,48	1,70	107	3,93	2,43

Fuente: Adaptado de la NRC (1989).

Cuadro XII. REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DE VACAS LECHERAS EN LACTACIÓN NRC 2001.

REQUERIMIENTO NUTRICIONAL						
Peso	ENERGÍA			PROTEÍNA	MINERALES	
Vivo (lb)	ENL (Mcal)	EM (Mcal)	ED (Mcal)	PC (lb)	Ca (lb)	P (lb)
MANTENIMIENTO DE VACAS ADULTAS EN PRODUCCIÓN						
700	6,02	10,10	11,61	0,613	0,028	0,020
800	6,65	11,17	12,83	0,661	0,032	0,023
900	7,27	12,20	14,01	0,708	0,036	0,026
1000	7,86	13,20	15,17	0,755	0,041	0,029
1100	8,45	14,18	16,29	0,801	0,045	0,031
1200	9,02	15,13	17,39	0,846	0,049	0,034
1300	9,57	16,07	18,47	0,892	0,053	0,037
1400	10,12	16,99	19,52	0,932	0,057	0,040
1500	10,66	17,89	20,56	0,973	0,061	0,043
1600	11,19	18,78	21,58	1,011	0,065	0,046
1700	11,71	19,65	22,58	1,049	0,069	0,049
1800	12,22	20,51	23,57	1,087	0,073	0,051
MANTENIMIENTO MÁS LOS DOS (2) ULTIMOS MESES EN GESTACIÓN						
700	7,82	12,96	15,20	1,651	0,046	0,028
800	8,65	14,33	16,81	1,825	0,053	0,032
900	9,45	15,65	18,36	1,993	0,059	0,036
1000	10,22	16,94	19,87	2,157	0,066	0,040
1100	10,98	18,19	21,34	2,317	0,072	0,044
1200	11,72	19,42	22,78	2,473	0,079	0,048
1300	12,45	20,62	24,19	2,626	0,086	0,052
1400	13,16	21,80	25,57	2,776	0,092	0,056
1500	13,86	22,96	26,93	2,924	0,099	0,060
1600	14,54	24,10	28,26	3,069	0,105	0,064
1700	15,22	25,22	29,58	3,211	0,112	0,068
1800	15,89	26,32	30,87	3,352	0,118	0,072
NUTRIENTES NECESARIOS / KG DE LECHE PRODUCIDA DE ACUERDO AL % DE GRASA						
3,0	0,29	0,49	0,56	0,078	0,0027	0,0017
3,5	0,31	0,52	0,60	0,084	0,0030	0,0018
4,0	0,33	0,56	0,64	0,090	0,0032	0,0020
4,5	0,36	0,60	0,69	0,096	0,0035	0,0021
5,0	0,38	0,63	0,73	0,101	0,0037	0,0023
5,5	0,40	0,67	0,77	0,107	0,0039	0,0024

Fuente: Adaptado de la NRC (2001).

La transición de un estado de preñez avanzada, con altas demandas nutricionales, a un estado de no preñez o vacía y produciendo grandes cantidades de leche, exigen al animal una alta capacidad de adaptación a las nuevas condiciones metabólicas y fisiológicas (Fernández, 2014).

Campabadal & Navarro (1998), indican que la integridad del epitelio ruminal, así como su funcionalidad, juega un papel fundamental en la absorción de los alimentos y en mantener la salud general del animal. Por lo que es importante adaptar la población de microorganismos del rumen a los cambios de la dieta que una vez fermentada va a alterar el patrón de fermentación (Jensen, 1995). El principal cambio es en el suministro de alimentos energéticos generadores de propionato en el rumen, el cual es el principal precursor de la glucosa disponible para la síntesis de lactosa en la glándula mamaria (Fallis, 2013). La lactosa es un azúcar estrictamente específico de la leche, cuya síntesis y secreción está íntimamente relacionada con el volumen total de leche que producen los mamíferos (Duncan, 1986).

Desde el punto de vista energético, la síntesis de lactosa consume hasta un 70% de toda la glucosa circulante en la vaca lechera, lo que representa una considerable carga metabólica para los rumiantes (Ponce y Bell, 1984; Mohar, 1992; Doby *et al.*, 2002).

En el periodo de transición la posibilidad de aparición de disfunciones de toda índole se incrementa si no se cuenta con adecuadas pautas de manejo (Fernández, 2014). La mayoría de las disfunciones metabólicas (cetosis, hígado graso, edema de ubre), nutricionales (hipocalcemia), alimenticias (acidosis ruminal, laminitis, desplazamiento de abomaso), sanitarias (mastitis, metritis, abscesos hepáticos) y productivas (baja producción de leche).

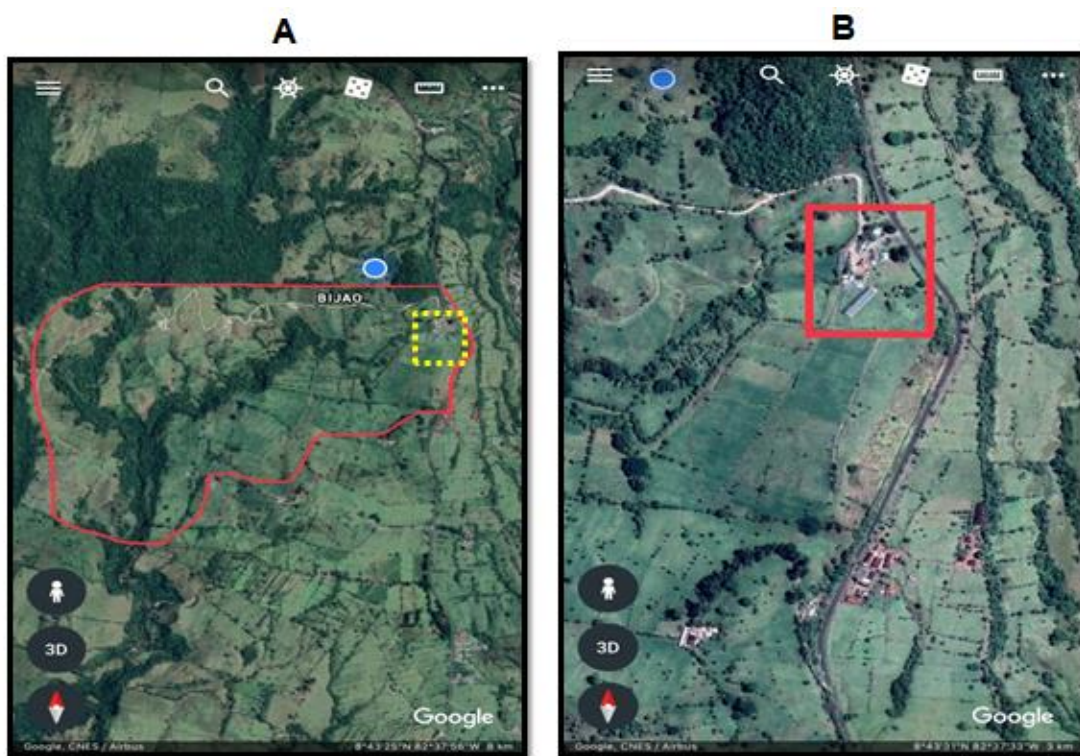
Los trastornos metabólicos cobran mayor importancia en la misma medida en que la ganadería lechera se desarrolla (Góngora *et al.*, 2002; Araúz, 2009). Pues en la medida que el potencial genético aumenta, en esa misma medida se incrementan las necesidades de proveer condiciones apropiadas (Manejo o ambiente) para que el animal logre expresar todo su potencial lechero (Araúz *et al.*, 2010).

III. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1. Ubicación del estudio:

La investigación fue desarrollada en la cuenca lechera de Bugaba, específicamente en la comunidad de Bijao, vía Volcán, en la Finca lechera grado A, los Milagros, con elevación de 1160 msnm.

Figura IX. (A y B). A, vista superior de los terrenos de la finca los milagros y B, ubica la lechería en donde se tomaron los datos



Fuente: Google maps (2019).

La finca cuenta con un área aproximada de 360 hectáreas, divididas en tres áreas principales, A. Área de ordeño¹, B. Área de levante de terneras, C. Área de ordeño². La primera es donde está ubicada la galera de ordeño y galera de alimentación, aquí se alimentan a 170 vacas en ordeño diariamente. La alimentación se realiza mediante un Mixer tipo horizontal con capacidad real de 14 m³ y un equivalente de 320 a 350kg / m³. Las vacas fueron distribuidas y clasificadas por producción (litros/día) y días en leche (DEL). La finca maneja animales de la raza Holstein 70%, Jersey 25% y Gyrolando en 5% del hato.

3.2. Animales experimentales

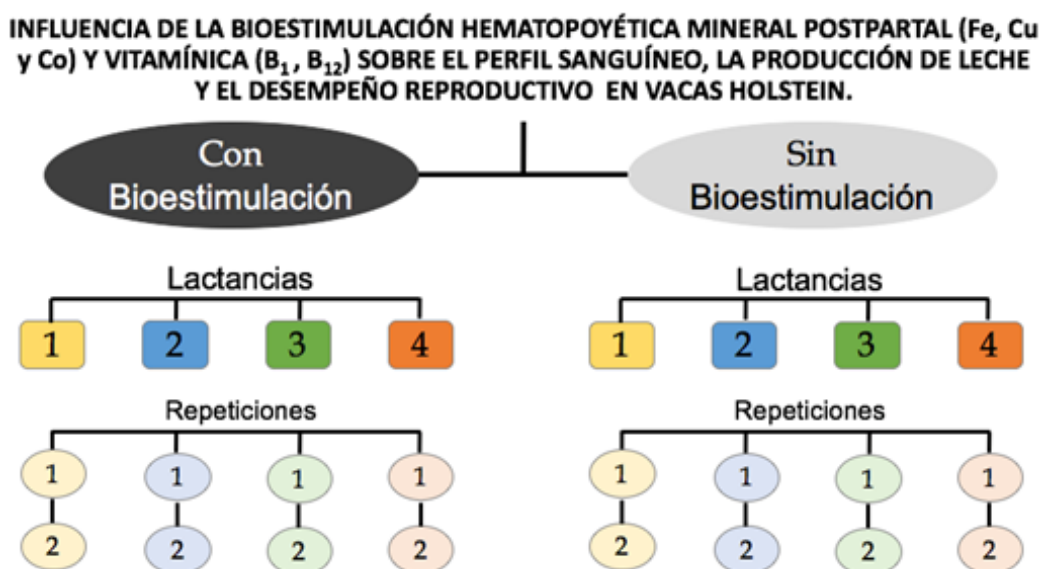
Se utilizaron 4 vacas Holstein de 1, 2, 3 y 4 lactancias, las cuales fueron evaluadas preliminarmente por su historial de salud; haciendo énfasis en sus cuatro cuartos funcionales, ausencia de mastitis, ni otros problemas de salud, sin antibióticos y que no hubiesen presentado enfermedades metabólicas (Fiebre de leche, acetonemia, síndrome de vaca flaca o gorda), ni problemas durante el parto.

3.3. Procedimiento de la bioestimulación mineral y vitamínica

Se utilizaron dos tratamientos (T1 = vacas Bioestimuladas y T2 = vacas no bioestimuladas). Cada tratamiento contó con 4 animales ($n_1 = 4$ y $n_2 = 4$), totalizando 16 animales. Las vacas fueron bioestimuladas con Fe, Cu, Co y

vitamina B₁₂ de forma parenteral (IM) 15 ml /vaca en los días 10, 40 y 70 después del parto. A cada uno de los 8 animales se le aplicarán 20 ml vía (IM) de tocoselenio y 25 ml de fenbendazol vía oral, 30 días antes del parto como aporte del control de salud en la finca. Las vacas no bioestimuladas, fueron tratadas igualmente con tocoselenio y fenbendazol; sin embargo, no se les suministró el complejo mineral y vitamínico de Fe, Cu, Co y vitaminas B₁, B₁₂ en forma parenteral.

Figura X. Esquema del procedimiento de bioestimulación hematopoyética y grupo control



- i. Biología y condición somática preliminar de las vacas; a cada animal experimental se le tomarán los siguientes datos preliminares lo cual fue parte de la hoja de campo:

- a. Identificación (N°)
 - b. Partos
 - c. Producción de calostro (1^{er} día)
 - d. Perfil hematimétrico referencial (hematocrito(VCEA), hemoglobina (Hgba), conteo de glóbulos rojos (CGR), conteo leucositario (CL))
 - e. Peso de la cría (kg)
 - f. Condición corporal al parto
- ii. Tratamiento o condición impuesta: Se utilizarán dos tratamientos en los estadios D10, D40 y D70.

Tratamiento 1. (Bioestimulación)

Aplicación de una solución a base de minerales (Fe, Cu, Co) y vitamina B₁ y B₁₂ en la región glútea. El producto fue aplicado por vía intramuscular IM a razón de 15 ml en el día 10, 40 y 70 del periodo postparto.

Tratamiento 2 (Control)

Se administró 15 ml de solución salina fisiológica por vía IM en los días 10, 40 y 70 postparto.

- iii. Producto utilizado: En el tratamiento se utilizó el producto veterinario Antianémico Río de Janeiro con la siguiente composición/ml:

Hierro gluconato = 10 mg de Fe / ml

Cobre gluconato = 10 mg de Cu / ml

Cobalto gluconato = 10 mg de Co / ml

Vitamina B1 = 100 mg / ml

Vitamina B12 = 20 mg / ml

Vehículo c.s.p. = 100 ml

Aporte de la bioestimulación

Fe: 15ml x 10mg/ml = 150mg de Fe

Cu: 15ml x 10mg/ml = 150mg de Cu

Co: 15ml x 10mg/ml = 150mg de Co

B₁: 15ml x 100mg/ml = 1500mg de B₁

B₁₂: 15ml x 20mg/ml = 300mg de B₁₂

Este producto es de procedencia Argentina y cuenta con el número de registro sanitario RF-6809-14 en Panamá, vigente hasta el 20 de marzo de 2024 ("Registros de Farmacéuticos - Panamá Datos Abiertos.," n.d.).

En el control se utilizó la solución salina fisiológica.

iv. Parámetros dependientes:

1) Indicadores Corporales:

a. Condición corporal

b. Peso de la cría (kg)

2) Fisiologías vitales iniciales (Temperatura, Índice respiratorio, etc)

- a. Hematocrito inicial (%)
- b. Hgba inicial (gr /100ml)
- c. Conteo de eritrocitos (millones/ml)
- d. Conteo de leucocitos (millones/ml)

3) Seguimiento hematimétrico del ensayo: Los animales fueron sangrados (3.5 ml) cada 15 días para realizar el hemograma. En el análisis de sangre se incluyen los siguientes parámetros:

- a. Hematocrito venoso (%)
- b. Hemoglobina (gr/Dl)
- c. Eritrocito (M/ μ l)
- d. Leucocitos (K/ μ l)
- e. Plaquetas (K/ μ l)
- f. Volumen celular medio (fL)
- g. Hemoglobina celular media (pg)
- h. Concentración de hemoglobina celular media (gr/Dl)
- i. Ancho de banda de globulos rojos (%)
- j. Neutrofilos (%)
- k. Monocitos (%)
- l. Linfocitos (%)

4) Lactación

- a. Producción de leche real (kg)

- b. Producción de leche ajustada a 305 días, con 3.5% de grasa (kg).
 - c. Producción de leche ajustada a 305 días y ajustada por energía (kg).
 - d. Sólidos totales en leche (kg)
 - e. Proteína en leche (gr)
 - f. Lactosa en leche (gr)
- v. Condiciones de alimentación y manejo general: se tomarán los datos para confeccionar el modelo de alimentación y el perfil lactacional incluyendo alimentos, oferta diaria, aporte general de MS, ENL PC, Ca y P de conformidad con los alimentos de uso en la finca.

3.4. Modelo de alimentación de las vacas

La dieta utilizada incluyó forraje verde (pasto estrella) y forraje seco (heno de humidícola) y alimento concentrado preparado en finca (*Base y Núcleo New2*).

El pasto verde fue consumido en las cuadras de pastoreo y los demás ingredientes se combinaron y mezclaron para proveerlos en dos porciones.

En los cuadros XIV y XV, detallan los ingredientes y la información bromatológica y nutricional de la Base y Núcleo.

Cuadro XIII. DIETA BASE, APOORTE DE MACRO Y MICRONUTRIENTES

By	Amount (As Fed)	Number	Daily	Amount to Make		Increment	Num of	Macro Nutrients		Both	
				1000,000				Minerals and Vitamins		No Nutrient Summary	
	Ingredient		%	AF kg	Cum. kg	Nutrient	DM	AF	Nutrient	DM	AF
1	Maiz Molido		24,136	241	241	Dry Matter (%)	100,00	60,17	Dry Matter (%)	100,00	60,17
2	Estrella Pasto TMR		20,113	201	442	Forage (%)	35,15	39,08	Calcium (%)	0,73	0,44
3	HENO MEDIA CALIDAD		18,964	190	632	Crude Prot (%)	14,57	8,76	Phosphorus (%)	0,60	0,36
4	Agua		17,240	172	804	RUP (%CP)	25,00	25,00	Magnesium (%)	0,39	0,24
5	Pulidura		8,620	86	890	RDP (%CP)	75,00	75,00	Potassium (%)	1,33	0,80
6	Har Soya		4,964	50	940	RDP (%)	10,93	6,57	Sulfur (%)	0,31	0,18
7	Destilado de Maiz DdG		4,339	43	983	Sol Prot (%CP)	26,59	26,59	Sodium (%)	0,38	0,23
8	NUCLEO NOVOBOVIGOLD		0,625	6	989	ME (mCal/kg)	2,78	1,67	Chlorine (%)	0,85	0,51
9	Carbonato de Ca		0,563	6	995	NEI (mCal/kg)	1,79	1,08	Iron (ppm)	192,19	115,63
10	SaltNaCl		0,375	4	999	Nem (mCal/kg)	1,79	1,08	Zinc (ppm)	59,23	35,64
11	Oxido de Magnesio		0,063	1	1000	NEg (mCal/kg)	1,21	0,73	Copper (ppm)	13,83	8,32
	Totals		100,000	1000		ADF (%)	18,48	11,12	Manganese (ppm)	105,17	63,28
						NDF (%)	34,24	20,60	Selenium (ppm)	0,32	0,19
						For NDF (%NDF)	71,72	43,15	Cobalt (ppm)	2,12	1,27
						Forage NDF (%)	24,55	14,77	Iodine (ppm)	0,42	0,25
						peNDF (%)	26,21	15,77	Vitamin A (KIU/kg)	1,97	1,19
						Lignin (%)	2,83	1,70	Vitamin D (KIU/kg)	0,49	0,30
						NFC (%)	40,29	24,24	Vitamin E (IU/kg)	14,81	8,91
						Sil Acids (%)	0,00	0,00	DCAD1 (meq/100g)	7,59	4,57
						Sugar (%)	4,44	2,67	DCAD2 (meq/100g)	8,02	4,83
						Starch (%)	32,56	19,59	Cost (\$T)	238,97	143,78
						Sol Fiber (%)	3,29	1,98			
						EE Total (%)	4,64	2,79			
						EE 1 (%)	4,64	2,79			

					EE 2 (%)	0,00	0,00			
					EE 3 (%)	0,00	0,00			
					LCFA Total (%)	3,86	2,32			
					Ash (%)	9,19	5,53			
					Cost (\$T)	238,97	143,78			

Cuadro XIV. DIETA NÚCLEO, APOORTE DE MACRO Y MICRONUTRIENTES

By Amount (As Fed)		Number	Daily	Amount to Make	Increment	Num of	Macro Nutrients		Both	
				1000,000			Minerals and		No Nutrient	
Ingredient		%	AF kg	Cum. kg	Nutrient	DM	AF	Nutrient	DM	AF
						Vitamins		Summary		
1	Maiz Molido	47,581	476	476	Dry Matter (%)	100,00	90,02	Dry Matter (%)	100,00	90,02
2	Har Soya	18,126	181	657	Forage (%)	0,00	0,00	Calcium (%)	2,15	1,93
3	Pulidura	15,861	159	816	Crude Prot (%)	17,87	16,09	Phosphorus (%)	0,79	0,71
4	Destilado de Maiz DdG	6,056	61	877	RUP (%CP)	13,09	13,09	Magnesium (%)	0,55	0,49
5	Energras	5,266	53	930	RDP (%CP)	86,91	86,91	Potassium (%)	1,14	1,02
6	NUCLEO	2,634	26	956	RDP (%)	15,53	13,98	Sulfur (%)	0,29	0,26
7	Carbonato de Ca	2,369	24	980	Sol Prot (%CP)	22,74	22,74	Sodium (%)	0,91	0,82
8	SaltNaCl	1,580	16	996	ME (mCal/kg)	3,28	2,96	Chlorine (%)	1,67	1,50
9	Oxido de Magnesio	0,263	3	999	NEI (mCal/kg)	2,12	1,90	Iron (ppm)	129,08	116,20
10	Corrector de	0,263	3	1002	Nem (mCal/kg)	2,12	1,90	Zinc (ppm)	103,98	93,61
	Totals	100,000	1002		NEg (mCal/kg)	1,57	1,41	Copper (ppm)	26,07	23,47

				ADF (%)	5,94	5,35	Manganese	129,92	116,96
				NDF (%)	12,64	11,38	Selenium	0,69	0,62
				For NDF (%NDF)	0,00	0,00	Cobalt (ppm)	2,84	2,55
				Forage NDF (%)	0,00	0,00	Iodine (ppm)	1,14	1,03
				peNDF (%)	2,48	2,24	Vitamin A	5,56	5,00
				Lignin (%)	0,88	0,79	Vitamin D	1,39	1,25
				NFC (%)	48,21	43,40	Vitamin E	41,69	37,53
				Sil Acids (%)	0,00	0,00	DCAD1	3,70	3,33
				Sugar (%)	3,86	3,47	DCAD2 (meq/100g)	10,63	9,57
				Starch (%)	41,14	37,04	Cost (\$T)	374,11	336,78
				Sol Fiber (%)	3,21	2,89			
				EE Total (%)	10,05	9,05			
				EE 1 (%)	5,26	4,73			
				EE 2 (%)	0,00	0,00			
				EE 3 (%)	4,79	4,32			
				LCFA Total (%)	9,50	8,56			
				Ash (%)	13,07	11,77			
				Cost (\$T)	374,11	336,78			

Cuadro XV. KG DE DIETA SUMINISTRADOS A CADA VACA, COMO OFRECIDO Y EN BASE SECA

Ingredient	Cost		AF		DM	
	\$ / MT	% DM	kg/d	kg/d	% AF	% DM
BASE	143,78	60,17	17,40	10,47	79,77	72,49
NUCLEO NEW2	336,78	90,02	4,41	3,97	20,23	27,51
Total			21,82	14,44		

Cada vaca consumió en total 21.82 kg AF (as fed), de alimento preparado que representó 14.4 kg de DM (Dry matter) / día, más 36.6 kg aproximadamente de pasto estrella /vaca que consumen en las cuadras. El forraje verde de las cuadras presentó un 18% de materia seca, por lo tanto, el aporte total de la dieta en materia seca fue de 21 kg (14.4kg + 6.6kg).

El siguiente cuadro, muestra el aporte total de macro y micro nutrientes de la dieta consumida.

Cuadro XVI. TOTAL DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES APORTADOS POR LA DIETA

Macro Nutrients			Minerals and Vitamins		
Nutrient	DM	AF	Nutrient	DM	AF
Dry Matter (%)	100,00	66,21	Dry Matter (%)	100,00	66,21
Forage (%)	0,00	0,00	Calcium (%)	1,12	0,74
Crude Prot (%)	15,48	10,25	Phosphorus (%)	0,65	0,43
RUP (%CP)	31,50	31,50	Magnesium (%)	0,44	0,29
RDP (%CP)	68,50	68,50	Potassium (%)	1,28	0,85
RDP (%)	10,60	7,02	Sulfur (%)	0,30	0,20
Sol Prot (%CP)	25,36	25,36	Sodium (%)	0,53	0,35
ME (mCal/kg)	2,93	1,94	Chlorine (%)	1,08	0,71
NEI (mCal/kg)	1,89	1,25	Iron (ppm)	174,83	115,75

Macro Nutrients			Minerals and Vitamins		
Nutrient	DM	AF	Nutrient	DM	AF
Nem (mCal/kg)	1,89	1,25	Zinc (ppm)	71,54	47,37
NEg (mCal/kg)	1,33	0,88	Copper (ppm)	17,20	11,39
ADF (%)	15,03	9,95	Manganese (ppm)	111,98	74,14
NDF (%)	28,30	18,73	Selenium (ppm)	0,42	0,28
For NDF (%NDF)	0,00	0,00	Cobalt (ppm)	2,31	1,53
Forage NDF (%)	0,00	0,00	Iodine (ppm)	0,62	0,41
peNDF (%)	19,68	13,03	Vitamin A (KIU/kg)	2,96	1,96
Lignin (%)	2,30	1,52	Vitamin D (KIU/kg)	0,74	0,49
NFC (%)	42,47	28,12	Vitamin E (IU/kg)	22,20	14,70
Sil Acids (%)	0,00	0,00	DCAD1 (meq/100g)	6,52	4,32
Sugar (%)	4,28	2,83	DCAD2 (meq/100g)	8,74	5,79
Starch (%)	34,92	23,12	Cost (\$/d)	3,99	3,99
Sol Fiber (%)	3,27	2,16	Cost (\$T)	276,14	182,83
EE Total (%)	6,13	4,06			
EE 1 (%)	6,13	4,06			
EE 2 (%)	0,00	0,00			
EE 3 (%)	0,00	0,00			
LCFA Total (%)	5,41	3,58			
Ash (%)	10,26	6,79			
Cost (\$/d)	3,99	3,99			
Cost (\$T)	276,14	182,83			

3.5. Entorno microclimático diurno.

El estudio se realizó en la época lluviosa, a la altura de Biajo, vía volcán, a unos 1160 msnm, con temperatura, en época lluviosa, mínima de 18.0°C y máxima de 31.1°C en campo (Araúz *et al.*, 2011).

La temperatura promedio diaria fue de 24°C, con 73% de humedad relativa ("Pronostico del tiempo para cuesta piedra, provincia de chiriquí de wheather.com," n.d.).

El índice de temperatura-humedad (ITH), fue calculado mediante la fórmula:

$$\text{ITH} = (0.8 * \text{Tbs}) + [(\text{HR}/100) * (\text{Tbs} - 14.4)] + 46.4$$

Donde:

ITH es el índice de temperatura-humedad

Tbs es la temperatura del bulbo seco; y

HR es la humedad relativa.

El ITH mínimo fue calculado en 63.4 y el máximo en 83.4; el ITH promedio diario fue de 72.6. El grado de tensión calórica microambiental puede oscilar entre la categoría ligera (ITH de 72 a 79), media (ITH de 80 a 90) y aguda ITH > a 90 (Araúz, 2011); no obstante, el grado de tensión calórica microambiental a los que estuvieron sometidos los animales está de ligero a medio, lo cual, interfiere en el desempeño productivo y reproductivo de los animales según McDowell (1981).

3.6. Diseño y análisis estadístico

El experimento generó una base de datos que fue analizada según el diseño del arreglo factorial en base a:

Tratamiento (Ai: 1 (Bioestimulación) y 2 (Solución salina fisiológica),
Subperiodos [(Bk: 1 (10dp), 2 (40dp), 3 (70dp)].

Animales dentro de tratamientos (Dj(Ai) = 8). El modelo lineal aditivo fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + \beta(k) + (AB)_{ik} + C_i + (AC)_{il} + (BC)_{kl} + (ABC)_{ikl} + e_{(ijk)}.$$

Los datos fueron analizados según el modelo lineal aditivo corregido con el arreglo factorial; Distribuido en tratamiento (factor A), número de lactación (factor B), tiempo en semanas (factor C) y sus respectivas interacciones. Se incluyó los ajustes según Gill (1978) y el procedimiento se ejecutó según Herrera y Barrera (2000).

El análisis de varianza se discute en el cuadro XVIII; distribuyendo las fuentes de variación, grados de libertad, suma de cuadrados y cuadrado medio.

Cuadro XVII. ANÁLISIS DE VARIANZA – COVARIANZA PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE

Fuente de Variación	GL	SC	CM
Tratamiento (A)	1	SC _A	SC _A /1
Lactaciones (B)	3	SC _B	SC _B /3
A*B	3	SC _{AB}	SC _{AB} /3
Tiempo muestreo semanas (C)	15	SC _C	SC _C /15
A*C	15	SC _{AC}	SC _{AC} /15
B*C	45	SC _{BC}	SC _{BC} /15
A*B*C	45	SC _{ABC}	SC _{ABC} /15
Residuo o Error b	128	SC _{ERROR}	SC _{ERROR} /128
Total	255		

En todas las fuentes de variación se utilizó el nivel de confianza del 5% y 1%; SAS generó los valores de significancia por el último nivel significativo como se muestra en el análisis.

La producción de leche comercial fue medida semanalmente durante 21 semanas, mediante el procedimiento estadístico de Herrera y Barrera (2000), para el modelo con el programa SAS. En donde se utilizó 256 observaciones con 255 grados de libertad, respectivamente.

Otras herramientas estadísticas utilizadas fueron la correlación, composición de medias por el método de Tukey y el análisis de regresión polinomial; Los cuales contribuyeron a la identificación de los conceptos y puentes biométricos más relevantes en el estudio. Todos los análisis se realizaron con el programa SAS (2002).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

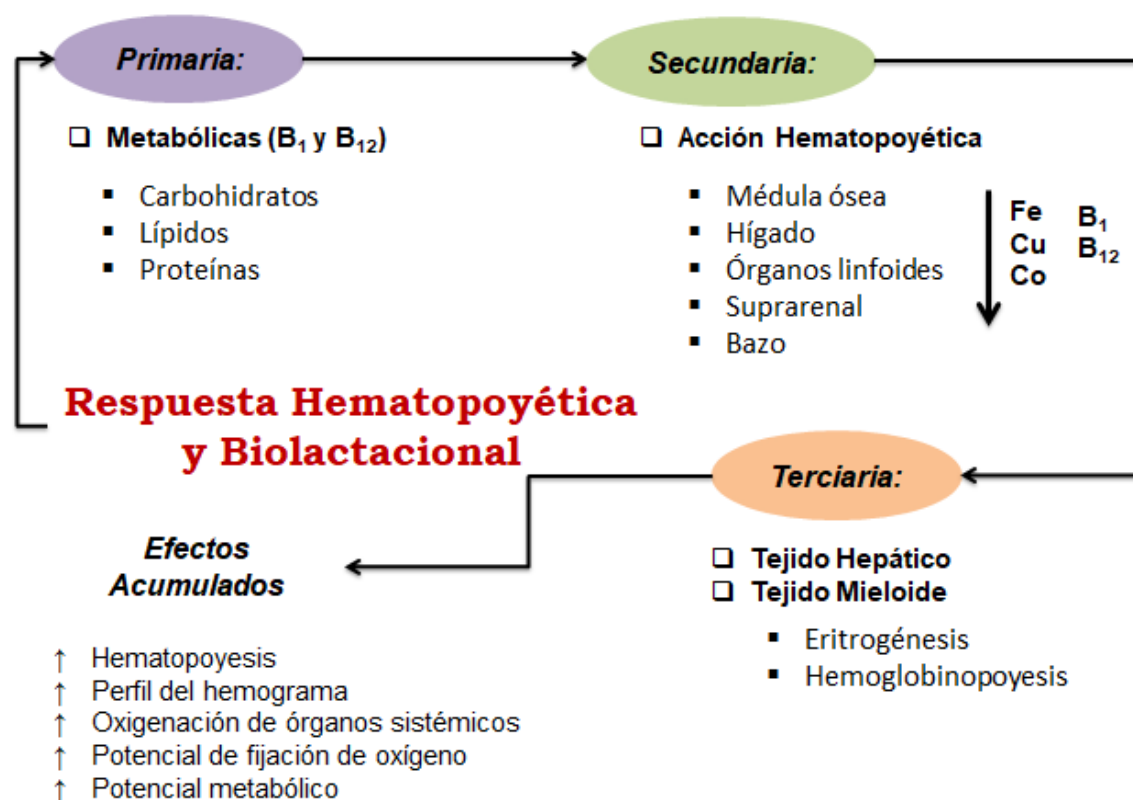
4.1. Influencia de la bioestimulación mineral (Fe, Cu, Co) y vitamínica B₁, B₁₂ sobre el perfil sanguíneo, la actividad ovárica y la producción de leche en la fase postpartal temprana

La producción de leche diaria a través de las 16 semanas que duró la evaluación indicó que la bioestimulación y la no bioestimulación estuvieron asociadas con una diferencia estadística al 6.3% ($P \leq 0.0628$); al mismo tiempo que la producción láctea diaria en 16 semanas fue diferente en las primeras cuatro lactaciones ($P < 0.0001$). No obstante, al considerar los tratamientos, el número lactacional y las semanas de estudio según las interacciones no se encontró ninguna diferencia estadística ($P > 0.05$); Si se observó una diferencia estadística al considerar los tratamientos y el número lactacional al 7.6% ($P < 0.0755$); indicando que los efectos o la bioestimulación hematopoyética fue diferente entre las cuatro lactaciones; destacándose el mayor efecto en las vacas de primera y segunda lactación.

La producción de leche fue influenciada por la bioestimulación al 6% ($P < 0.06$), aunque el impacto según el análisis de varianza no fue tan marcado en las vacas de tercera y cuarta lactación (*Cuadro XLII*).

Este resultado fue logrado en un periodo de 16 semanas consecutivas, sin embargo, se observaron otras diferencias estadísticas más marcadas como fue la producción de leche entre las lactancias ($P < .0001$); lo cual fue sostenido aún al contemplar la trayectoria diferenciada según los tratamientos (Bioestimulación vs Control), en las primeras 10 a 12 semanas de la lactación en la fase de bioestimulación.

Figura XI. Diagrama de la respuesta hematopoyética y biolactacional



El efecto acumulativo presentado en la figura X. Eleva la capacidad funcional metabólica general, la vehiculización de gases, la movilización y usos de nutrientes para la síntesis y secreción láctea; Las vacas más necesitadas (1° y 2° lactancia) fueron las más beneficiadas, ya que su metabolismo presentó mayor receptividad a los factores estudiados; mientras que la producción de leche en la 3° y 4° lactación es menor ya que son animales con mayor capacidad adaptativa a los cambios fisiológicos y metabólicos propios de la lactación (Araúz, 2018).

4.2. Perfil hematimétrico

4.2.1. Hematocrito

El hematocrito es un índice comúnmente utilizado para describir el volumen celular de eritrocitos acumulativo (Durán *et al.*, 2005). El valor de hematocrito normal es de 35% (Pfizer, 1998) ó de 28 a 46% (Fraser *et al.*, 1993). El hematocrito no fue afectado por el tratamiento, el número lactacional y las semanas del estudio ($P > .05$). Tampoco se observó ninguna interacción entre los tres factores indicados en el modelo reflejado en el análisis de varianza.

Cuadro XVIII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA CONCENTRACIÓN DE HEMATOCRITO EN SANGRE (HTC)

Fuente	DF	Cuadrado de		F-Valor	Pr > F
		Tipo III SS	la media		
A	1	42.854738	42.854738	2.29	0.1328
B	3	25.100348	8.366783	0.45	0.7199
A*B	3	43.392022	14.464007	0.77	0.5114
C	15	168.073999	11.204933	0.60	0.8716
A*C	15	268.416090	17.894406	0.96	0.5054
B*C	45	879.007645	19.533503	1.04	0.4159
A*B*C	45	1098.574159	24.412759	1.30	0.1272
Error	127	2377.514650	18.720588		
Total correcto	254	4911.364375			

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	2533.849725	19.951573	1.07	0.3601

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	HTC Media
0.515916	15.19483	4.326729	28.47502

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

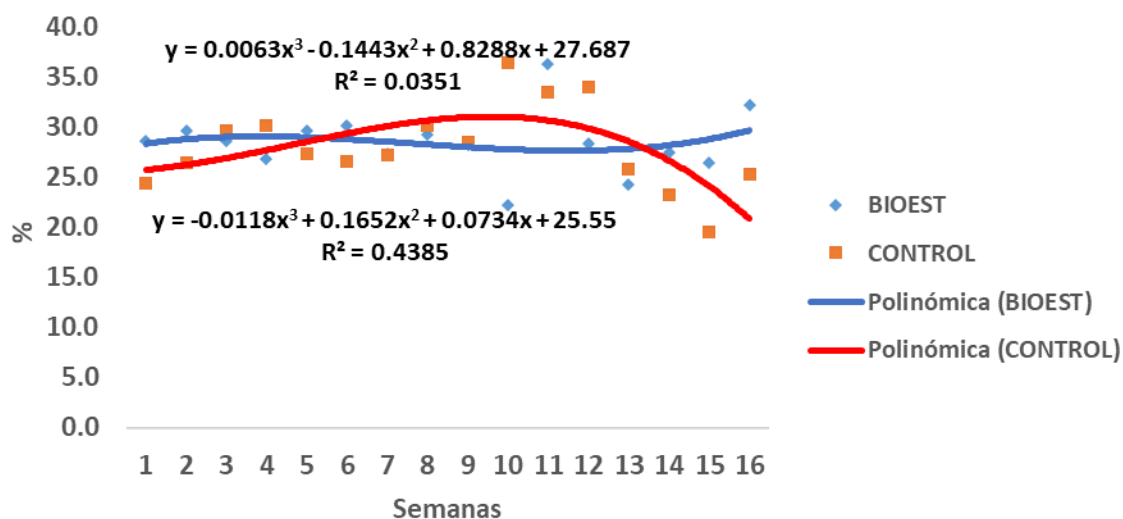
El hematocrito venoso presentó una tendencia curvo lineal para el tratamiento (bioestimulación) y el control a lo largo de las 16 semanas que caracterizan el estudio; presentándose un ligero efecto positivo en las últimas semanas del periodo evaluado.

Cuadro XIX. HEMATOCRITO PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

<i>N° Lactacional</i>	<i>Control (%)</i>	<i>Bioestimuladas (%)</i>	<i>Diferencia (%)</i>	<i>%</i>
1	28.03±4.56 ^a	28.49±6.35 ^a	+0.46	+1.64
2	27.78±3.66 ^a	29.71±4.22 ^a	+1.93	+7.0
3	27.49±3.08 ^a	28.64±5.76 ^a	+1.15	+4.18
4	28.96±3.04 ^a	28.68±3.39 ^a	-0.28	-0.96

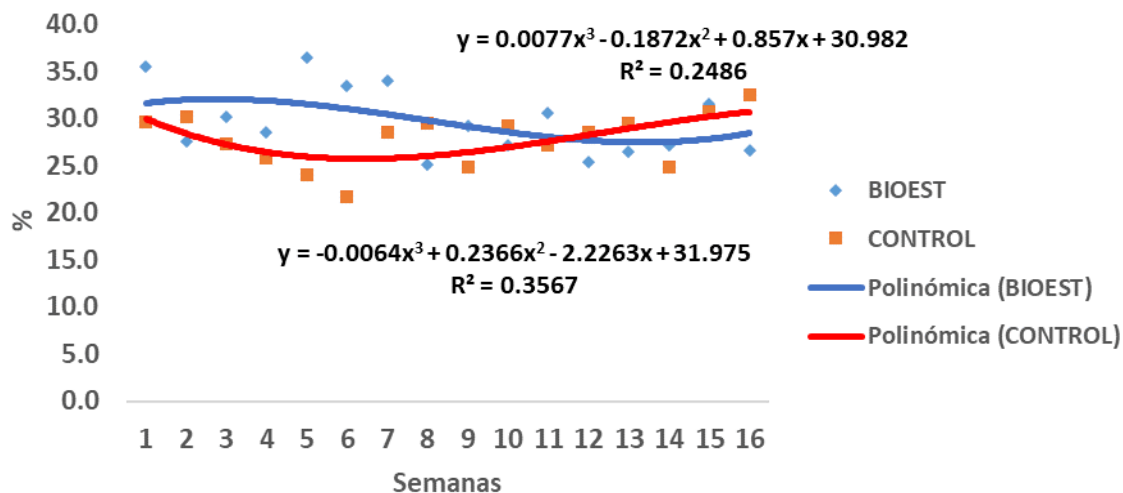
“Medias de la misma lactación con la misma letra a,a indica que no hubo diferencia significativa (P<.05)”

Gráfica I. Tendencia del hematocrito (HTC) en la primera lactancia.



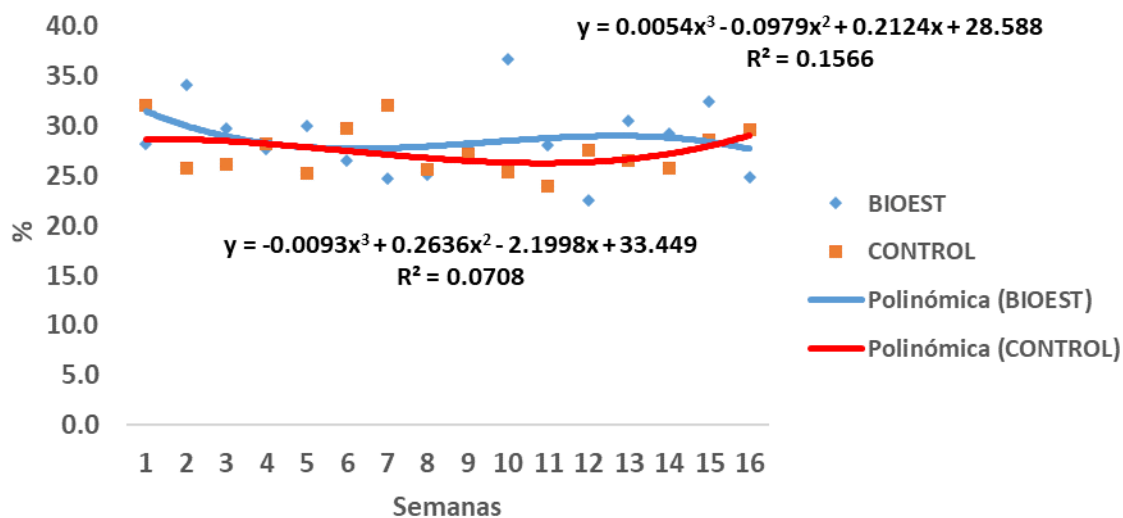
El cuadro XIX, mostró incremento en el hematocrito promedio, durante las 16 semanas de estudio, de +1.93 y +1.15 %, lo cual representa, +7.0% y +4.18%, correspondiente a las vacas de segunda y tercera lactancia respectivamente.

Gráfica II. Tendencia del hematocrito (HTC) en la segunda lactancia.

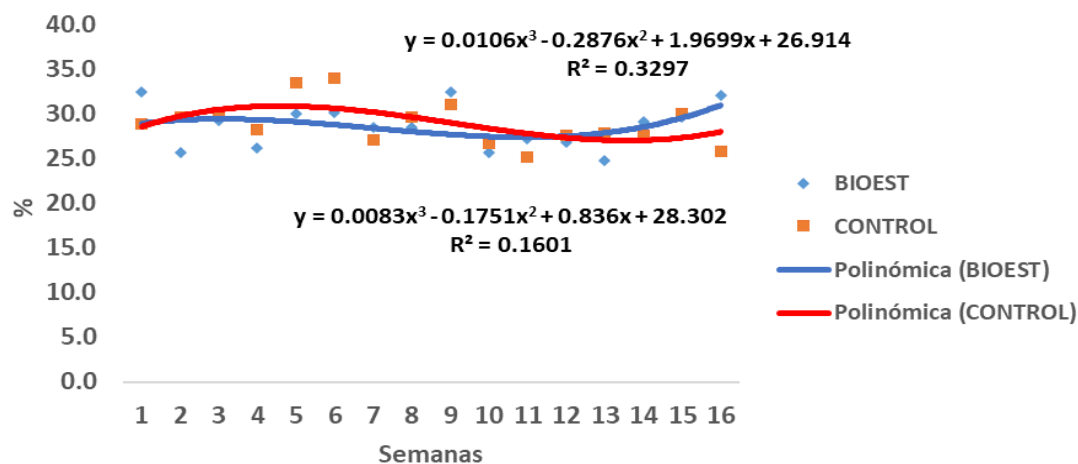


El número lactacional no mostró una influencia sobre el hematocrito venoso ($P > .05$) y se percibe en las gráficas III y IV, que el número de partos (B), no mostró gran variabilidad como si lo fue en la producción de leche.

Gráfica III. Tendencia del hematocrito (HTC) en la tercera lactancia.



Gráfica IV. Tendencia del hematocrito (HTC) en la cuarta lactancia



En la tercera y cuarta lactancia no se observa que algún grupo (bioestimulado y control) haya marcado diferencia durante el tiempo de muestreo. Al igual lo vimos en las dos primeras lactancias, gráficas I y II.

4.2.2. Conteo de Glóbulos Rojos

Los eritrocitos o glóbulos rojos son elementos celulares cuya función es llevar oxígeno a los tejidos a presiones suficientes para permitir la rápida difusión del oxígeno (Durán *et al.*, 2005). El conteo normal de eritrocitos oscila entre 5 y 7 millones/ml (Pfizer, 1998) ó 5 a 10 millones/ μ l (Fraser *et al.*, 1993). El análisis de varianza correspondiente al conteo de glóbulos rojos (RBC) indicó que durante las 16 semanas de evaluación la bioestimulación fue altamente significativa ($P < .0001$) por lo tanto, la bioestimulación mineral – vitamínica si influyó en la respuesta hematopoyética especialmente sobre la producción de globulos rojos.

Cuadro XX. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL CONTEO DE GLÓBULOS ROJOS EN SANGRE (RBC)

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
A	1	7.42562500	7.42562500	15.42	0.0001
B	3	1.45138906	0.48379635	1.00	0.3930
A*B	3	1.58700938	0.52900313	1.10	0.3523
C	15	8.73711094	0.58247406	1.21	0.2726
A*C	15	5.63496250	0.37566417	0.78	0.6973
B*C	45	28.20667344	0.62681497	1.30	0.1284
A*B*C	45	26.83980312	0.59644007	1.24	0.1776
Error	128	61.62860000	0.4814734		
Total correcto	255	141.5111734			

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	79.8825734	0.6289966	1.31	0.0663

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE RBC Media

0.564497 11.74440 0.693883 5.908203.

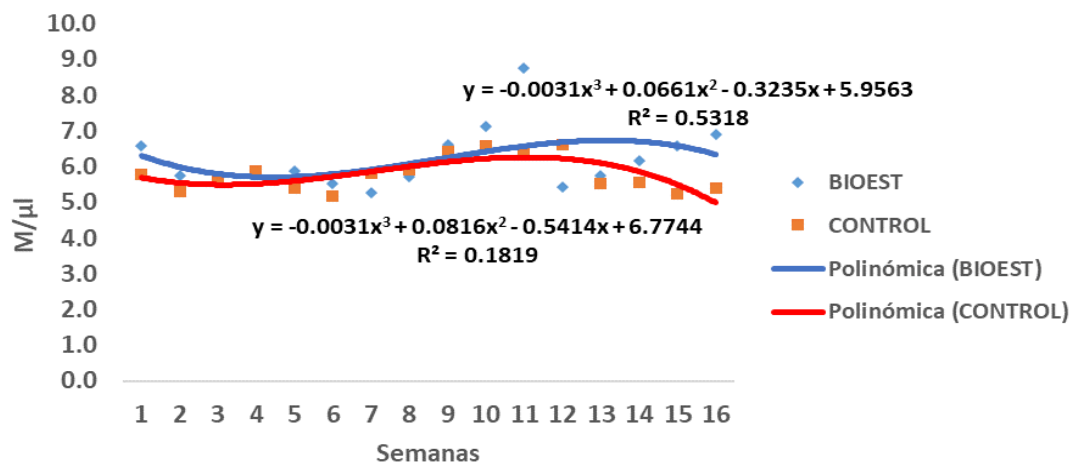
*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo

Cuadro XXI. CONTEO DE GLÓBULOS ROJOS PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

N° Lactacional	Control (M/ μ l)	Bioestimuladas (M/ μ l)	Diferencia (M/ μ l)	%
1	5.80 \pm 0.63 ^a	6.23 \pm 0.99 ^b	+0.43	+7.41
2	5.68 \pm 0.74 ^a	6.19 \pm 0.68 ^b	+0.51	+8.97
3	5.68 \pm 0.53 ^a	6.01 \pm 0.74 ^b	+0.33	+5.81
4	5.78 \pm 0.51 ^a	5.87 \pm 0.84 ^a	+0.09	+1.55

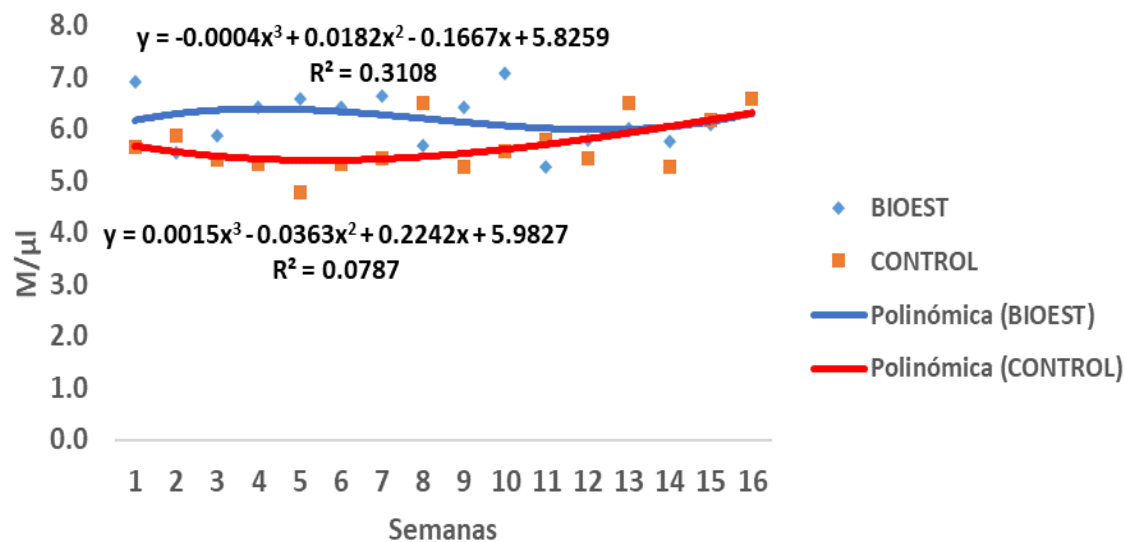
"Medias de la misma lactación con letras a,b difieren al 1% (P<.01); a,c difieren al 5% (P<.05) y con la misma letra a,a no difieren al 5% (P<.05)" (M = millones)

Gráfica V. Tendencia del conteo de glóbulos rojos en sangre (RBC) en la primera lactancia



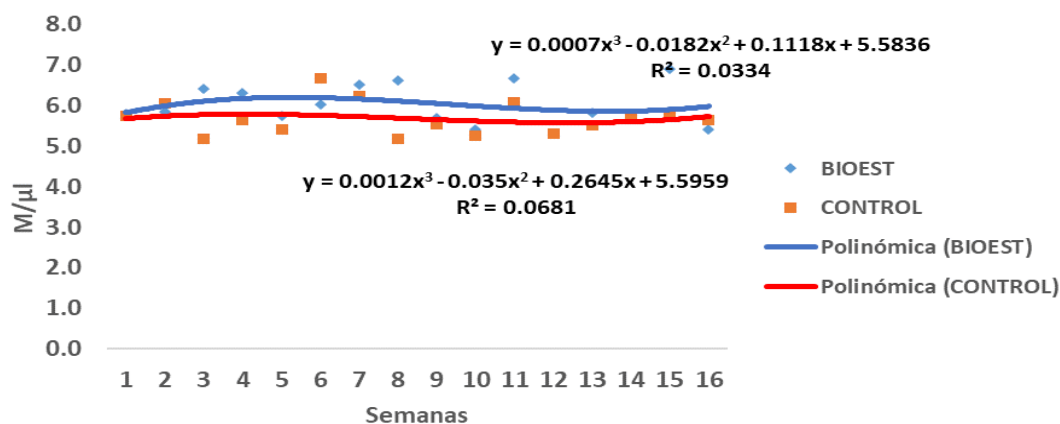
El cuadro XXI, mostró un incremento significativo ($P < .05$), en el conteo de glóbulos rojos, durante las 16 semanas de estudio, de +0.43 y +0.51 M/ μ l, lo cual representa, +7.41% y +8.97%, correspondiente a las vacas de primera y segunda lactancia respectivamente.

Gráfica VI. Tendencia del conteo de glóbulos rojos en sangre (RBC) en la segunda lactancia

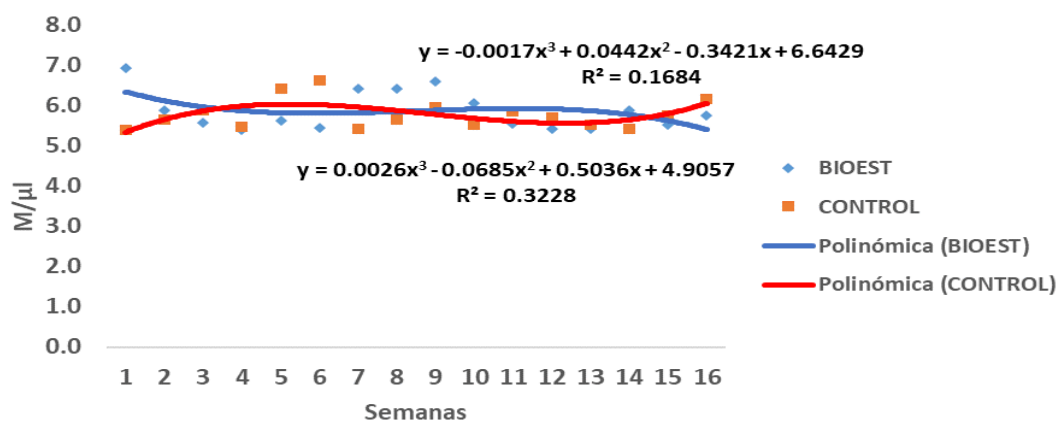


En las gráficas V y VI, correspondientes a la primera y segunda lactancia, no mostraron diferencias entre el grupo bioestimulado (Azul) y el control (Rojo). Además, en el análisis de varianza anterior no observamos diferencias en cuanto al número de lactancia.

Gráfica VII. Tendencia del conteo de glóbulos rojos en sangre (RBC) en la tercera lactancia



Gráfica VIII. Tendencia del conteo de glóbulos rojos en sangre (RBC) en la cuarta lactancia



En la tercera y cuarta lactancia, las gráficas muestran que el grupo control y el bioestimulado están muy cercanos, sin embargo, en la tercera lactancia el

grupo bioestimulado se mantiene superior durante las 16 semanas de muestreo.

4.2.3. Hemoglobina

La hemoglobina es una molécula compleja constituida por cuatro unidades hemo unidas a cuatro globinas, dos a dos β -globinas, el hierro es incorporado a esta molécula por medio de la enzima ferroquelatasa (Durán *et al.*, 2005). La producción de hemoglobina es una de las variables hematológicas de mayor importancia en este estudio, y muestra en este ANOVA, que hubo diferencias altamente significativas para el tratamiento (A) y para las interacciones B*C y A*B*C ($P < 0.0001$). Cabe señalar que el tratamiento realizado tuvo efectos sobre el conteo de glóbulos rojos y con ello en la producción de hemoglobina.

Cuadro XXII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL CONTENIDO DE HEMOGLOBINA EN SANGRE (HGB)

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
A	1	11.24763906	11.24763906	23.94	<.0001
B	3	5.61540781	1.87180260	3.98	0.0094
A*B	3	1.05230156	0.35076719	0.75	0.5262
C	15	12.24544844	0.81636323	1.74	0.0513
A*C	15	7.50019844	0.50001323	1.06	0.3959
B*C	45	57.42712969	1.27615844	2.72	<.0001
A*B*C	45	58.58536094	1.30189691	2.77	<.0001
Error	128	60.1317000	0.4697789		
Total correcto	255	213.8051859			

Fuente Modelo	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
	127	153.6734859	1.2100274	2.58	<.0001
R-cuadrado		Coef Var	Raiz MSE	HGB Media	
	0.718755	7.810665	0.685404	8.775234	

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

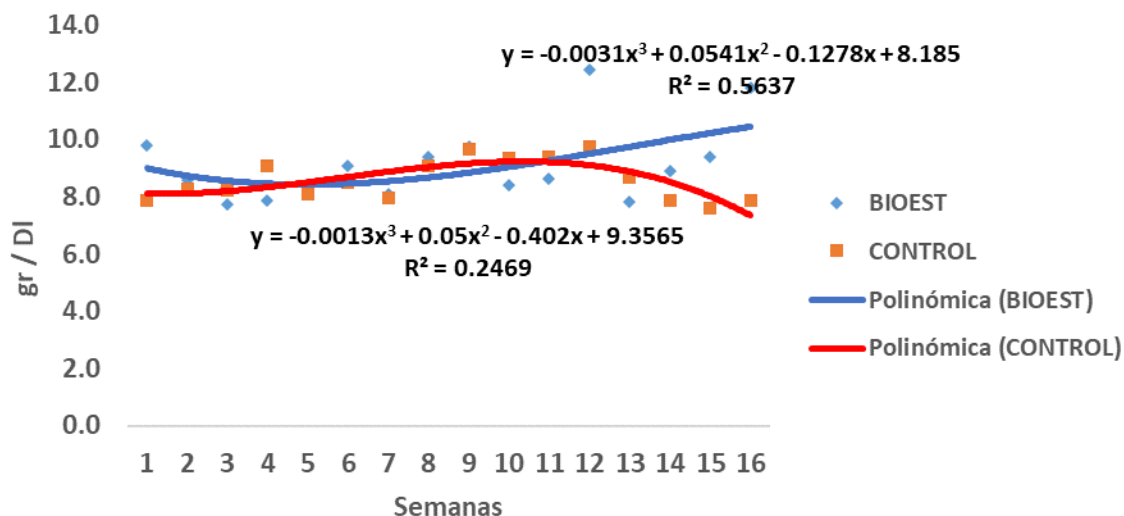
Cuadro XXIII. HEMOGLOBINA PROMEDIO AJUSTADA POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

<i>N° Lactacional</i>	<i>Control (gr / Dl)</i>	<i>Bioestimuladas (gr / Dl)</i>	<i>Diferencia (gr / Dl)</i>	<i>%</i>
1	8.59±0.77 ^a	9.12±1.43 ^b	+0.53	+6.17
2	8.69±0.90 ^a	9.23±0.90 ^b	+0.54	+6.21
3	8.38±0.59 ^a	8.75±0.82 ^b	+0.37	+4.41
4	8.59±0.62 ^a	8.82±0.77 ^b	+0.23	+2.67

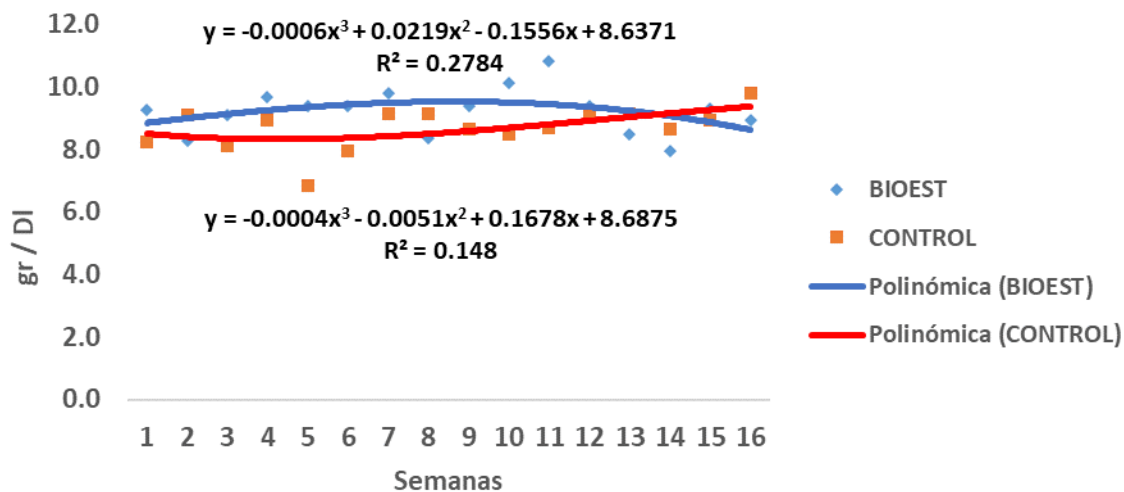
“Medias de la misma lactación con letras a,b difieren al 1% (P<.01); a,c difieren al 5% (P<.05) y con la misma letra a,a no difieren al 5% (P<.05)”

El cuadro XXIII, mostró incremento en la hemoglobina promedio, durante las 16 semanas de estudio, de +0.53 y +0.54 gr / 100ml, lo cual representa, +6.17% y +6.21%, correspondiente a las vacas de primera y segunda lactancia respectivamente. El contenido de Hgba fue superior en las vacas que recibieron Fe, Cu, Co, B₁ y B₁₂ a los 10, 40 y 70 días después del parto como protocolo para mejorar la función de los órganos hematopoyéticos. A pesar de que las vacas suplementadas parenteralmente presentaron una mayor concentración de hemoglobina; alcanzando 9.12 y 9.23 gr/100ml en las vacas de primera y segunda lactancia, estas no alcanzaron los niveles que se consideran normales; es decir 11.0 gr/100ml según la Holstein Pfizer (1998) ó entre 8 y 15 gr/100ml (Contreras, 2009; Fraser *et al.*, 1993; Duncan *et al.*, 1986.). Ambos grupos mostraron cierta anemia, sobre todo las vacas control. Las vacas con mejor contenido de hemoglobina fueron las de primera y segunda lactación; alcanzando el 82.9 y 83.9% del patrón fisiológico.

Gráfica IX. Tendencia del contenido de hemoglobina en sangre (HGB) en la primera lactancia

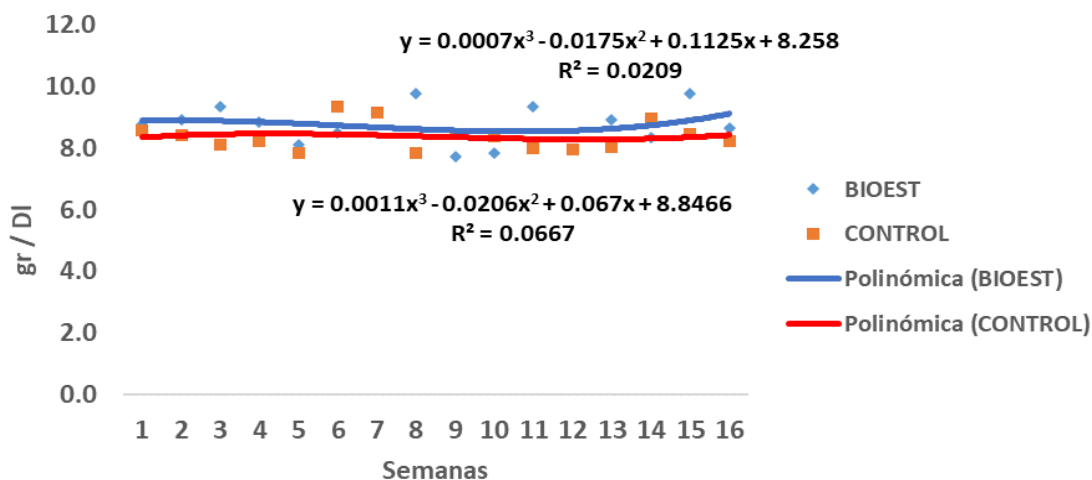


Gráfica X. Tendencia del contenido de hemoglobina en sangre (HGB) en la segunda lactancia

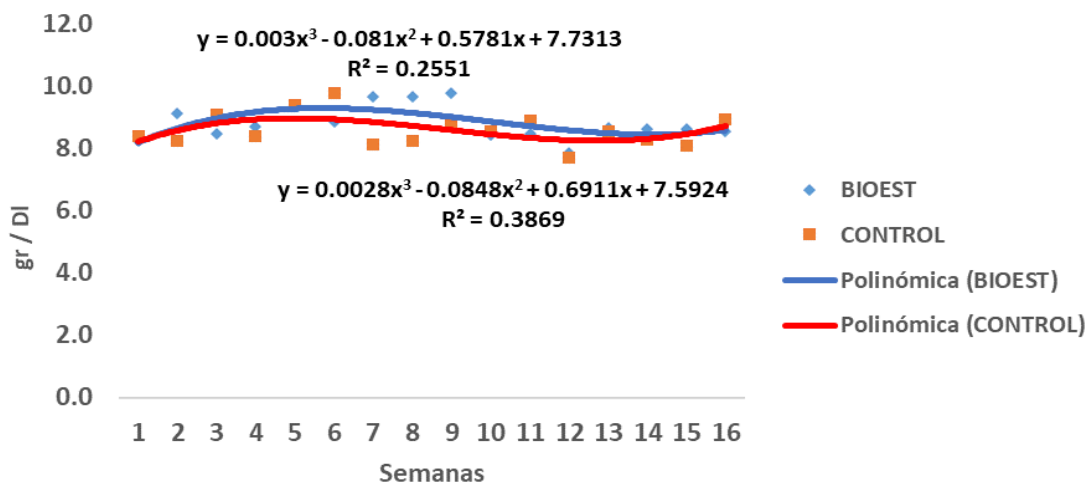


El número de lactancia fue significativo al 1% ($P < .0094$), además, en la segunda y tercera lactancia se observó como se mantiene, el grupo bioestimulado, superior durante la mayor parte del estudio.

Gráfica XI. Tendencia del contenido de hemoglobina en sangre (HGB) en la tercera lactancia



Gráfica XII. Tendencia del contenido de hemoglobina en sangre (HGB) en la cuarta lactancia



En la tercera y cuarta lactancia, se observan diferencias mínimas entre el grupo bioestimulado y el control, no obstante, obtuvimos que el tratamiento sí influyó sobre la producción de hemoglobina en sangre ($P < .0001$), pero fue significativa en el tiempo que duró el estudio ($P < .0513$).

4.2.4. Conteo de Glóbulos Blancos

El conteo de leucocitos en el perfil sanguíneo es parte del protocolo del diagnóstico para establecer la naturaleza de procesos infecciosos, estados de parasitismo y traumatismos en los animales (Fraser *et al.*, 1993). El conteo de glóbulos blancos (leucocitos) en vacas es de 7 a 9.5 miles /ml cuando no hay comprometimiento y activación retículo endotelial (Pfizer, 1998).

En el cuadro XXIV, el análisis de varianza mostró muy poca significancia para la bioestimulación ($P < 0.6289$), no obstante, la interacción entre el grupo bioestimulado y el número de lactancia si fue significativa al 5% ($P < 0.0147$).

Cuadro XXIV. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL CONTEO DE GLÓBULOS BLANCOS EN SANGRE (WBC)

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
A	1	6.348000	6.348000	0.23	0.6289
B	3	169.245351	56.415117	2.09	0.1056
A*B	3	295.764332	98.588111	3.65	0.0147
C	15	205.010601	13.667373	0.51	0.9338
A*C	15	285.469163	19.031278	0.70	0.7767
B*C	45	1369.640572	30.436457	1.13	0.3020
A*B*C	45	435.949402	9.687764	0.36	0.9999
Error	121	3272.477100	27.045265		
Total correcto	248	6047.013688			

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	2774.536588	21.846745	0.81	0.8824
		R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	WBC Media
		0.458828	39.35527	5.200506	13.21426

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo

El grupo control mostró un conteo leucositario superior al patrón (7.0 – 9.5 miles/ml); ya que el conteo por lactación fue 10.89, 12.83, 12.78 y 12.72 miles/ml para la primera, segunda, tercera y cuarta lactación respectivamente. Un fenómeno interesante fue observar que las vacas con estimulación hematopoyética presentaron un conteo leucositario superior; siendo para la primera, segunda, tercera y cuarta lactación 14.11, 15.75, 14.55 y 12.07 miles/ml; sugiriendo que, en condiciones de reto, retículo endotelial, la estimulación hematopoyética incrementó el conteo leucocitario.

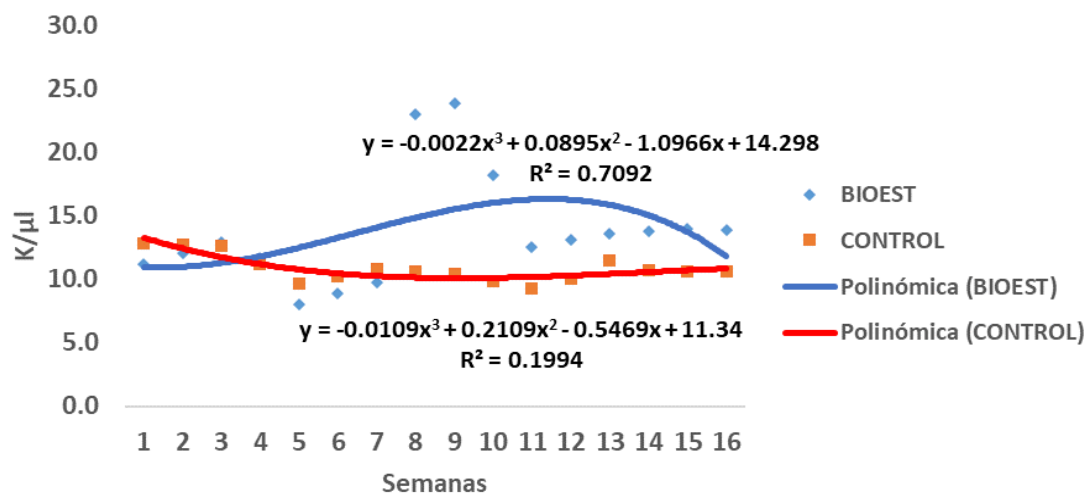
Cuadro XXV. CONTEO DE GLÓBULOS BLANCOS PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

<i>N° Lactacional</i>	<i>Control (K/μl)</i>	<i>Bioestimuladas (K/μl)</i>	<i>Diferencia (K/μl)</i>	<i>%</i>
1	10.89±2.93 ^a	14.11±6.66 ^a	+3.22	+29.56
2	12.83±5.75 ^a	15.75±5.53 ^a	+2.92	+22.76
3	12.78±2.20 ^a	14.55±2.68 ^a	+1.77	+13.85
4	12.72±7.31 ^a	12.07±2.20 ^a	-0.65	-5.11

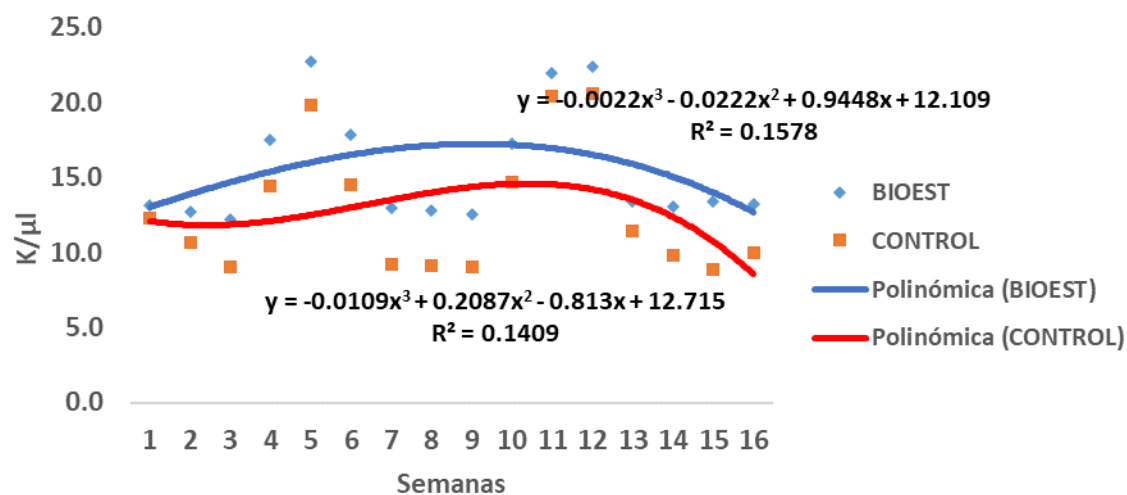
“Medias de la misma lactación con la misma letra a,a indica que no hubo diferencia significativa (P<.05)”

El cuadro XXV, mostró incremento en el conteo de glóbulos blancos, durante las 16 semanas de estudio, de +3.22 y +2.92 K/μl, lo cual representa, +29.56% y +22.76%, correspondiente a las vacas de primera y segunda lactancia respectivamente.

Gráfica XIII. Tendencia del conteo de glóbulos blancos en sangre (WBC) en la primera lactancia

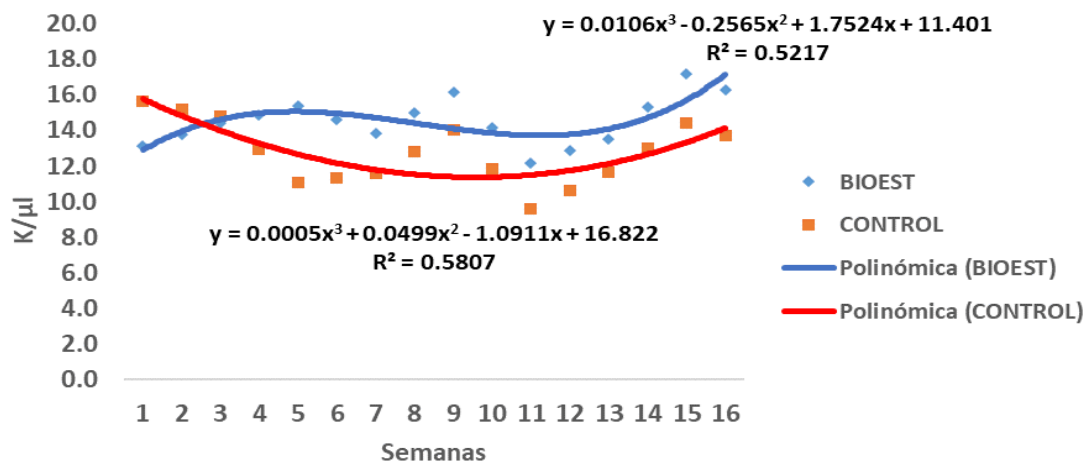


Gráfica XIV. Tendencia del conteo de glóbulos blancos en sangre (WBC) EN la segunda lactancia



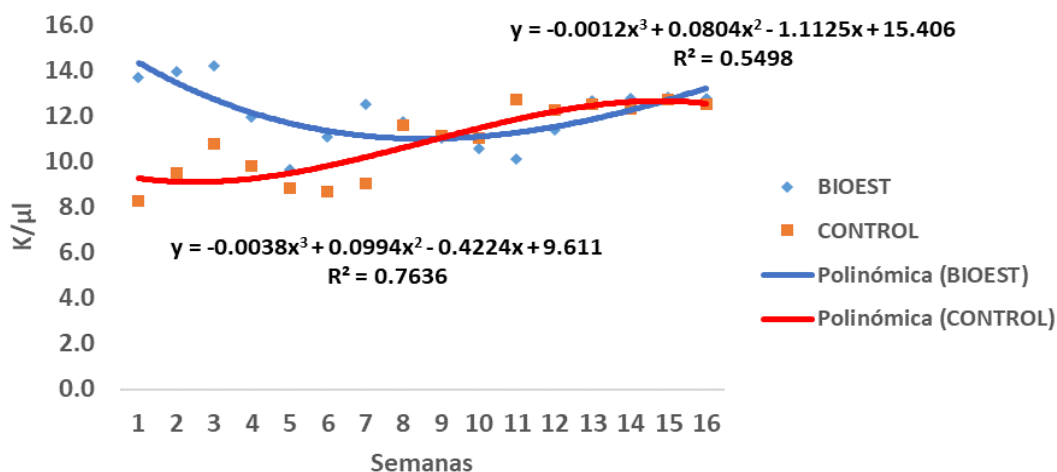
La gráfica XIV, mostró incremento en el conteo de glóbulos blancos, sostenido durante las 16 semanas de estudio, correspondiente a la segunda lactancia.

Gráfica XV. Tendencia del conteo de glóbulos blancos en sangre (WBC) en la tercera lactancia



Durante las tres primeras lactancias, se observó mayor el conteo de glóbulos blancos en el grupo bioestimulado en comparación con el grupo control, lo cual corresponde a la variabilidad mostrada en el cuadro XXIV, en donde la interacción entre el grupo bioestimulado y el número de parto muestra significancia al 5% ($P < 0.0147$).

Gráfica XVI. Tendencia del conteo de glóbulos blancos en sangre (WBC) en la cuarta lactancia



4.2.5. Plaquetas

Las plaquetas constituyen el tampón inicial de hemostasis siempre que se produce una hemorragia (Durán *et al.*, 2005), son producidas en la médula ósea a partir de megacariocitos, el contenido normal de plaquetas es de 100 a 600 miles/ml (Pfizer, 1998) ó 120 a 820 K/ μ l (Fraser *et al.*, 1993). El conteo de plaquetas obtuvo diferencias altamente significativas en la interacción A*B*C, sin embargo, la interacción de A*B es significativa al 10%. Por lo tanto, es posible que haya un efecto entre el tratamiento y el número de parto, que influyan en la producción de plaquetas.

Cuadro XXVI. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA CONCENTRACIÓN DE PLAQUETAS EN SANGRE (PLT)

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
A	1	2145.6582	2145.6582	0.53	0.4679
B	3	14391.4271	4797.1424	1.19	0.3181
A*B	3	31962.3140	10654.1047	2.63	0.0528
C	15	54085.6974	3605.7132	0.89	0.5759
A*C	15	83537.4405	5569.1627	1.38	0.1688
B*C	45	264857.7041	5885.7268	1.45	0.0543
A*B*C	45	429809.4722	9551.3216	2.36	<.0001
Error	128	518143.035	4047.992		
Total correcto	255	1398932.749			

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	880789.713	6935.352	1.71	0.0013

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PLT Media
0.629615	24.12605	63.62384	263.7143

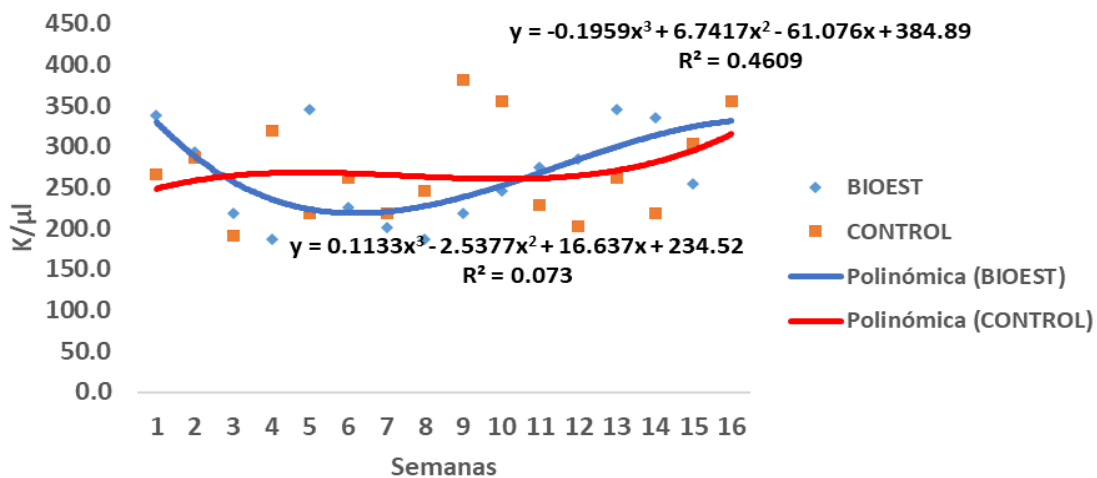
*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

Cuadro XXVII. CONCENTRACIÓN DE PLAQUETAS PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

<i>N° Lactacional</i>	<i>Control (K/μl)</i>	<i>Bioestimuladas (K/μl)</i>	<i>Diferencia (K/μl)</i>	<i>%</i>
1	269.6±77.18 ^a	269.65±72.9 ^a	-0.05	-0.01
2	248.03±78.5 ^a	276.3±70.9 ^a	+28.27	+11.40
3	257.0±66.8 ^a	284.84±75.84 ^a	+27.84	+10.83
4	240.3±65.9 ^a	263.9±80.76 ^a	+23.6	+9.82

“Medias de la misma lactación con la misma letra a, a indica que no hubo diferencia significativa (P<.05)”

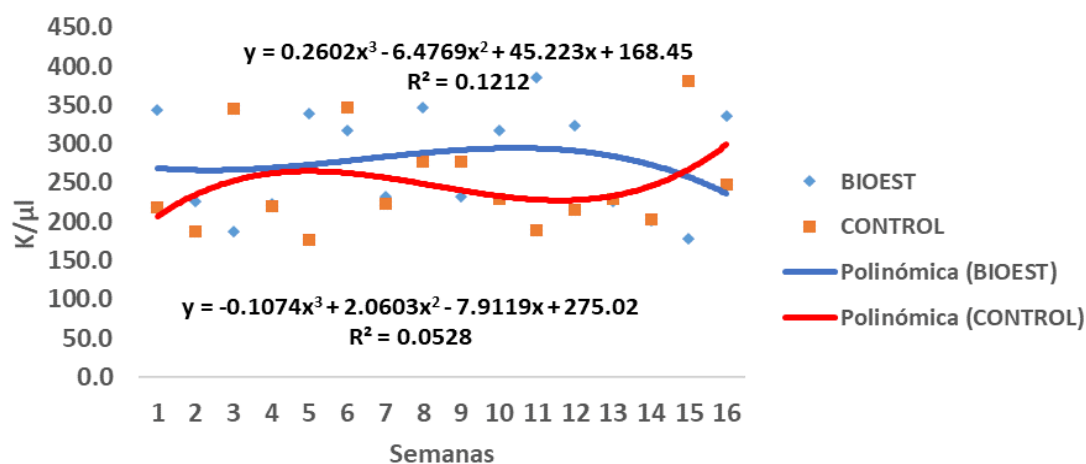
Gráfica XVII. Tendencia de las plaquetas en sangre (PLT) en la primera lactancia



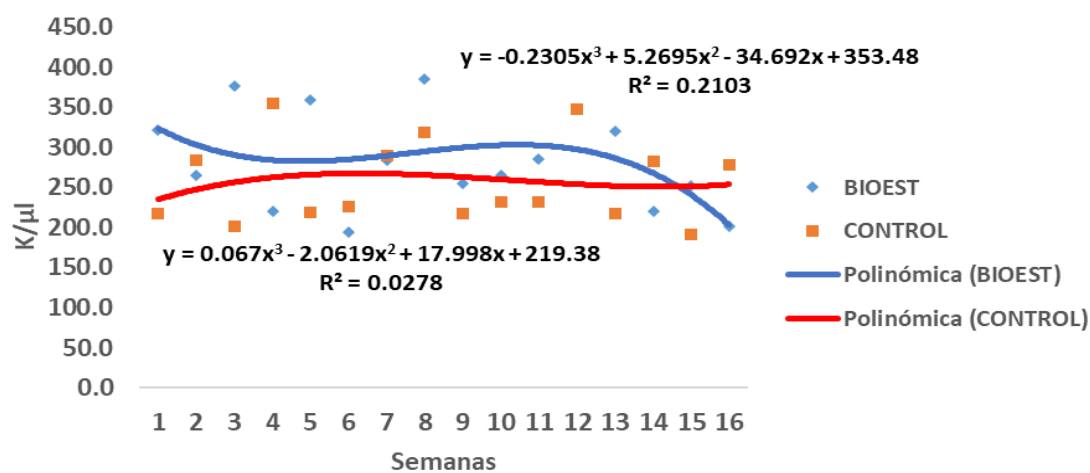
El cuadro XXVII, mostró incremento en el conteo de plaquetas, durante las 16 semanas de estudio, de +27.8 y +23.6 K/μl, lo cual representa, +10.8% y +9.8%, correspondiente a las vacas de tercera y cuarta lactancia respectivamente.

Las vacas de segunda lactancia muestran el mayor incremento en el número de plaquetas producidas (+11.40%), no obstante, las de primera lactancia muestran una disminución muy débil del número de plaquetas (-0.01%).

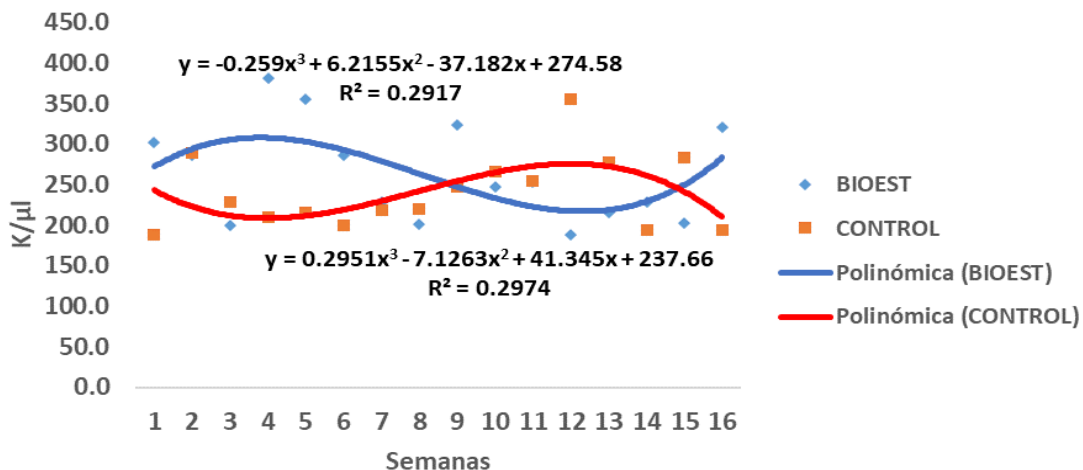
Gráfica XVIII. Tendencia de las plaquetas en sangre (PLT) en la segunda lactancia



Gráfica XIX. Tendencia de las plaquetas en sangre (PLT) en la tercera lactancia



Gráfica XX. Tendencia de las plaquetas en sangre (PLT) en la cuarta lactancia



La gráfica XIX, mostró incremento sostenido en el conteo de plaquetas, para el grupo bioestimulado, durante las 16 semanas de estudio, correspondiente a la tercera lactancia. No obstante, en la segunda lactancia, el grupo control se mantuvo superior en comparación al bioestimulado (ver gráfica XVIII).

4.2.6. Perfil Linfocítico

Los linfocitos son responsables tanto de la inmunidad humoral como la celular, ambas no son diferenciables morfológicamente, sin embargo, difieren en su dinámica de producción y circulación (Durán *et al.*, 2005). El valor normal oscila entre 15 y 45% (Pfizer, 1998) ó 20 a 60% (Fraser *et al.*, 1993). El conteo de linfocitos no se vio afectada por las variables estudiadas, los cuadrados medios, indican mayor proporción al tiempo de muestreo, no obstante, el tiempo de muestreo fue significativo al 10% ($P < 0.0773$).

Cuadro XXVIII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL CONTENIDO DE LINFOCITOS EN SANGRE (LYM)

Fuente	DF	Cuadrado de		F-Valor	Pr > F
		Tipo III SS	la media		
A	1	57.191406	57.191406	1.02	0.3144
B	3	199.268555	66.422852	1.18	0.3183
A*B	3	50.843750	16.947917	0.30	0.8237
C	15	1361.342773	90.756185	1.62	0.0773
A*C	15	977.996094	65.199740	1.16	0.3091
B*C	45	1868.434570	41.520768	0.74	0.8754
A*B*C	45	2488.968750	55.310417	0.99	0.5065
Error	128	7177.25000	56.07227		
Total correcto	255	14181.29590			

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	7004.04590	55.14997	0.98	0.5371

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LYM Media
0.493893	15.52512	7.488142	48.23242

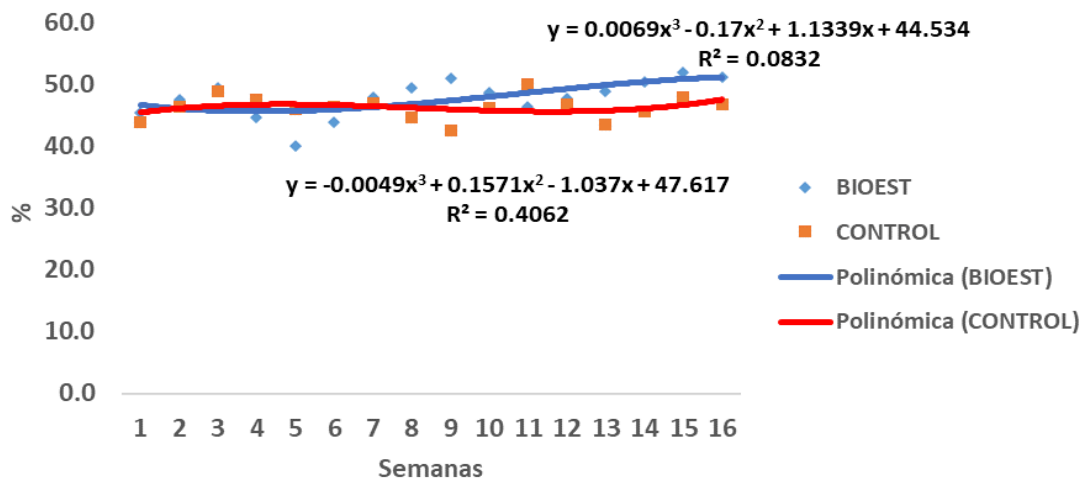
*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

Cuadro XXIX. PERFIL LINFOCÍTICO PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

N° Lactacional	Control (%)	Bioestimuladas (%)	Diferencia (%)	%
1	46.30±5.75 ^a	47.84±5.47 ^a	+1.54	+3.32
2	49.47±4.52 ^a	49.59±10.18 ^a	+0.12	+0.24
3	47.30±9.70 ^a	49.37±4.90 ^a	+2.07	+4.37
4	48.12±8.89 ^a	47.83±7.94 ^a	-0.29	-0.60

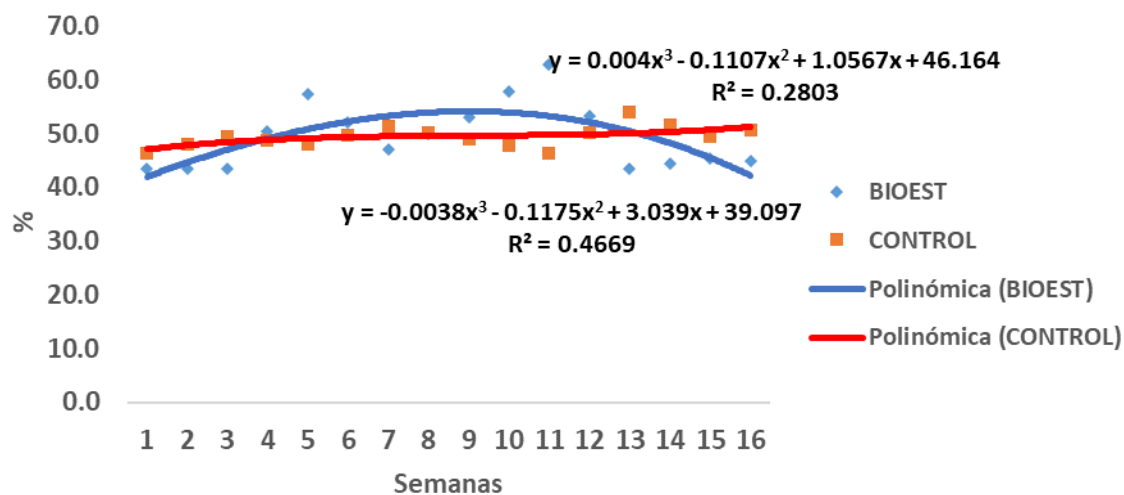
“Medias de la misma lactación con la misma letra a,a indica que no hubo diferencia significativa (P<.05)”

Gráfica XXI. Tendencia del perfil linfocítico en sangre (LYM) en la primera lactancia

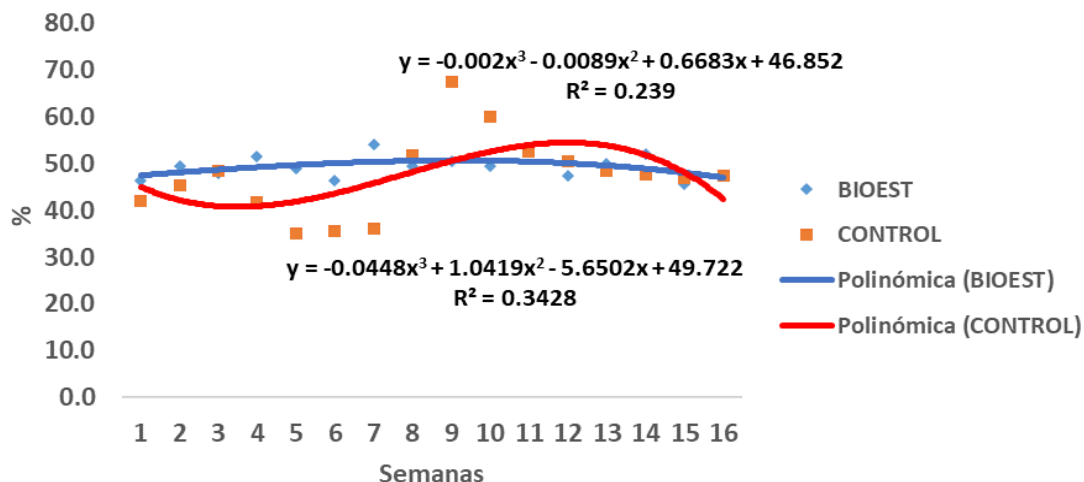


El cuadro XXIX, mostró incremento en el perfil linfocítico, durante las 16 semanas de estudio, de +1.54 y +2.07 %, lo cual representa, +3.32 y +4.37 %, correspondiente a las vacas de primera y tercera lactancia respectivamente.

Gráfica XXII. Tendencia del perfil linfocítico en sangre (LYM) en la segunda lactancia.

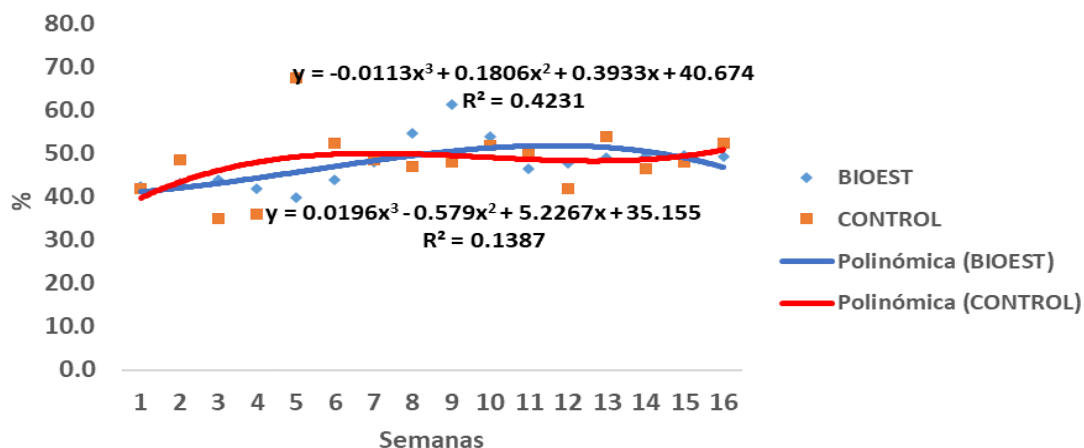


Gráfica XXIII. Tendencia del perfil linfocítico en sangre (LYM) en la tercera lactancia.



El perfil linfocitario mostró diferencias significativas al 10% ($P < 0.0773$), para el tiempo de muestreo, no obstante, el número de lactancia no mostró diferencias ($P < 0.3183$) ni su interacción ($P < 0.8754$).

Gráfica XXIV. Tendencia del perfil linfocítico en sangre (LYM) en la cuarta lactancia.



En los gráficos del LI al LIV, se observa muy poca variación entre el comportamiento del grupo bioestimulado en comparación con el control, lo que

indica que, no hubo efecto de la bioestimulación sobre el perfil linfocítico ($P < 0.3144$), correspondiente a la primera, segunda, tercera y cuarta lactancia.

4.2.7. Perfil Monocítico

Hay dos tipos de fagocitos: los mononucleares y granulocitos, los primeros son producidos en la médula ósea y liberados al torrente sanguíneo en forma de monocitos, su función principal consiste en defender contra los microorganismos invasores ingiriéndolos y destruyéndolos (Durán *et al.*, 2005). El valor normal oscila entre 2 y 7% (Pfizer, 1998) ó 4 a 12% (Fraser *et al.*, 1993). La producción de monocitos no se vio afectada por las variables estudiadas, los cuadrados medios, no indican mayor proporción a favor de alguna variable, por lo tanto, no se obtuvo diferencias en ninguna variable.

Cuadro XXX. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL CONTEO DE MONOCITOS EN SANGRE (MON)

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
A	1	0.2500000	0.2500000	0.09	0.7683
B	3	15.0937500	5.0312500	1.75	0.1592
A*B	3	12.4687500	4.1562500	1.45	0.2315
C	15	76.7500000	5.1166667	1.78	0.0435
A*	15	50.2500000	3.3500000	1.17	0.3046
B*C	45	121.9062500	2.7090278	0.94	0.5755
A*B*C	45	148.0312500	3.2895833	1.15	0.2729
Error	128	367.0000000	2.8671875		
Total correcto	255	791.7500000			

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	424.7500000	3.3444882	1.17	0.1928
		R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	MON Media
		0.536470	25.92577	1.693277	6.531250

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

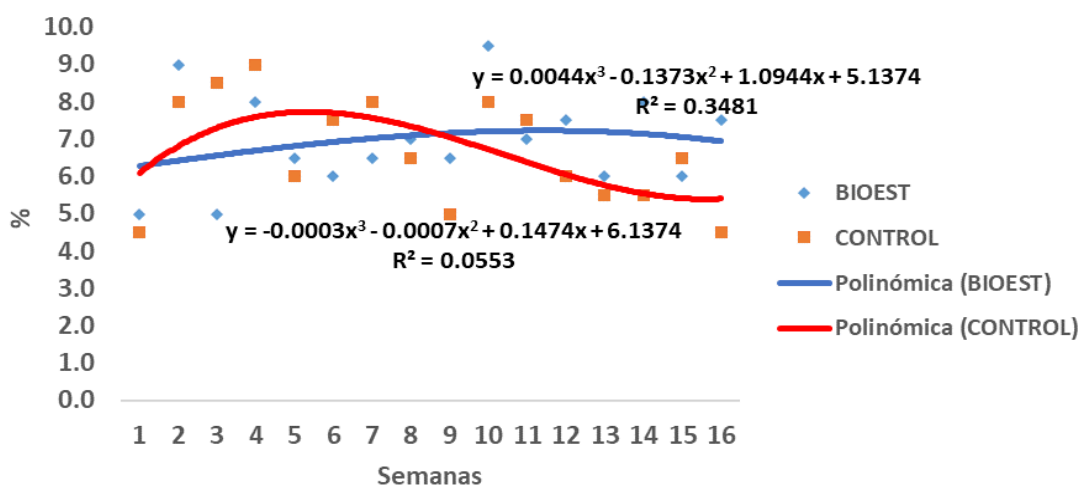
Cuadro XXXI. PERFIL MONOCÍTICO PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

<i>N° Lactacional</i>	<i>Control (%)</i>	<i>Bioestimuladas (%)</i>	<i>Diferencia (%)</i>	<i>%</i>
1	6.65±1.69 ^a	6.93±1.60 ^a	+0.28	+4.21
2	6.62±1.82 ^a	6.81±1.80 ^a	+0.19	+2.87
3	5.93±1.88 ^a	6.43±1.72 ^a	+0.5	+8.43
4	6.09±1.85 ^a	6.75±1.62 ^a	+0.66	+10.8

“Medias de la misma lactación con la misma letra a,a indica que no hubo diferencia significativa (P<.05)”

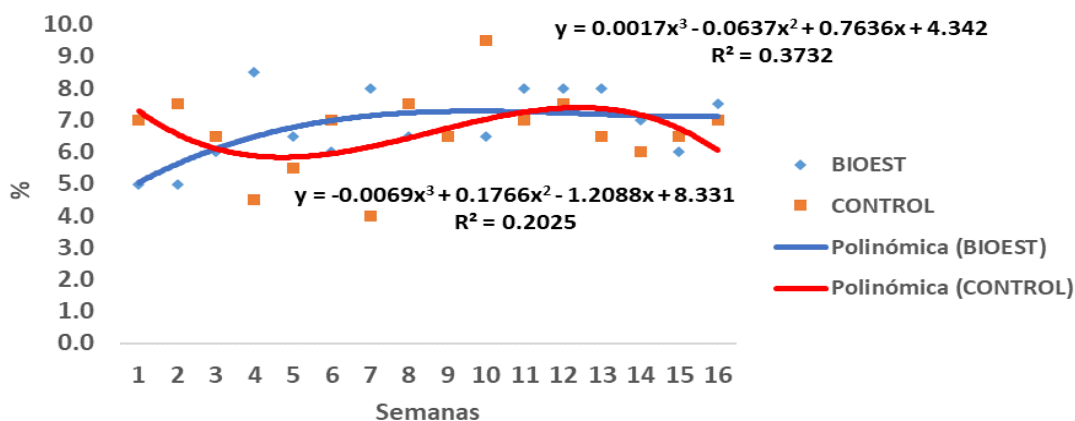
El cuadro XXXI, mostró un ligero incremento del conteo de monocitos, en las vacas bioestimuladas en comparación con el grupo control, sin embargo, ambos grupos se mantienen dentro del rango considerado como normal (Pfizer, 1998).

Gráfica XXV. Tendencia de monocitos en sangre (MON) en la primera lactancia

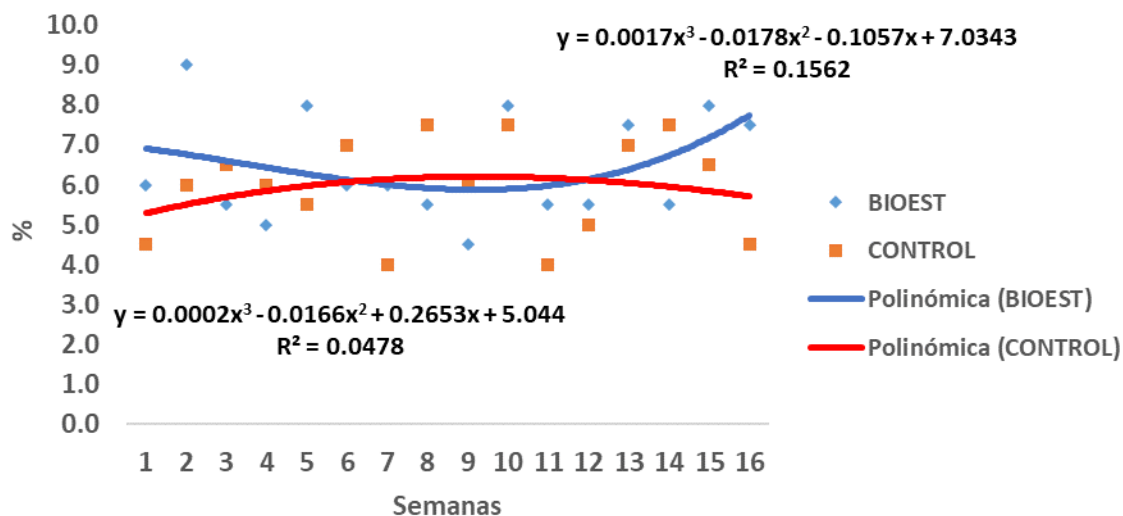


El cuadro XXXI, mostró incremento en el perfil monocítico, durante las 16 semanas de estudio, de +0.19 y +0.5 %, lo cual representa, +2.87 y +8.43 %, correspondiente a las vacas de segunda y tercera lactancia respectivamente.

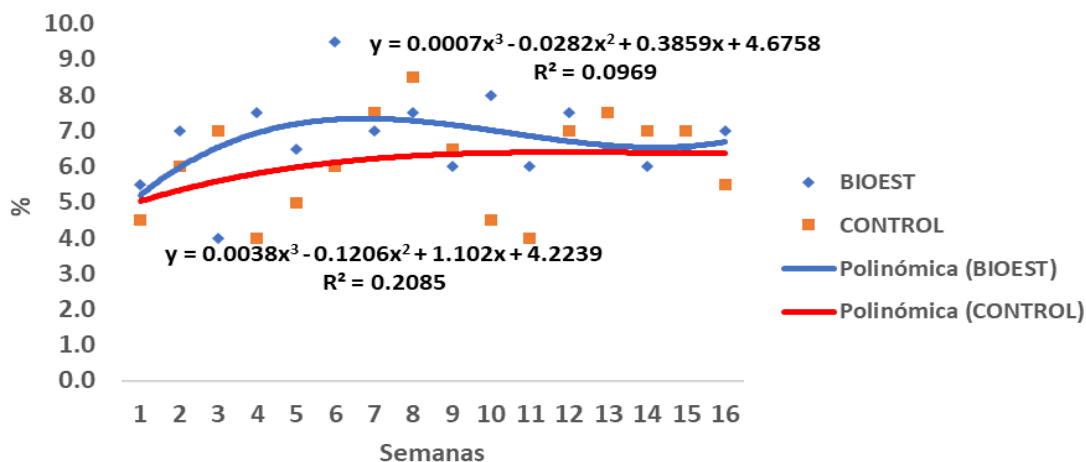
Gráfica XXVI. Tendencia de monocitos en sangre (MON) en la segunda lactancia



Gráfica XXVII. Tendencia de monocitos en sangre (MON) en la tercera lactancia



Gráfica XXVIII. Tendencia de monocitos en sangre (MON) en la cuarta lactancia



En los gráficos del XXV al XXVIII, se observa muy poca variación entre el comportamiento del grupo bioestimulado en comparación con el control, lo que indica que, no hubo efecto de la bioestimulación sobre el perfil monocítico medio ($P < 0.7683$), correspondiente a la primera, segunda, tercera y cuarta lactancia.

4.2.8. Perfil de Neutrófilos

Los neutrófilos son fagocitos de tipo granulocitos, tienen un núcleo segmentado y aunque desempeña una función fagocítica, este también desempeña funciones específicas como proporcionar defensa contra bacterias y mediar los procesos inflamatorios (Durán *et al.*, 2005). El valor normal oscila entre 15 y 45% (Pfizer, 1998) ó 30 a 65% (Fraser *et al.*, 1993). El cuadro XXXII, detalla diferencias significativas sobre el perfil de neutrófilos en cuanto al número de partos ($P < 0.0221$), no obstante, para el grupo bioestimulado muestra significancia al 10% ($P < 0.0769$).

Cuadro XXXII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL CONTEO DE NEUTRÓFILOS EN SANGRE (NEU)

Fuente	DF	Cuadrado de			
		Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
A	1	115.562500	115.562500	3.18	0.0769
B	3	361.406250	120.468750	3.32	0.0221
A*B	3	71.093750	23.697917	0.65	0.5830
C	15	832.875000	55.525000	1.53	0.1044
A*C	15	285.312500	19.020833	0.52	0.9237
B*	45	1953.718750	43.415972	1.19	0.2197
A*B*C	45	2574.031250	57.200694	1.57	0.0258
Error	128	4651.00000	36.33594		
Total correcto	255	10845.00000			

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	6194.00000	48.77165	1.34	0.0489
		R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Neu Media
		0.571139	13.33982	6.027930	45.18750

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

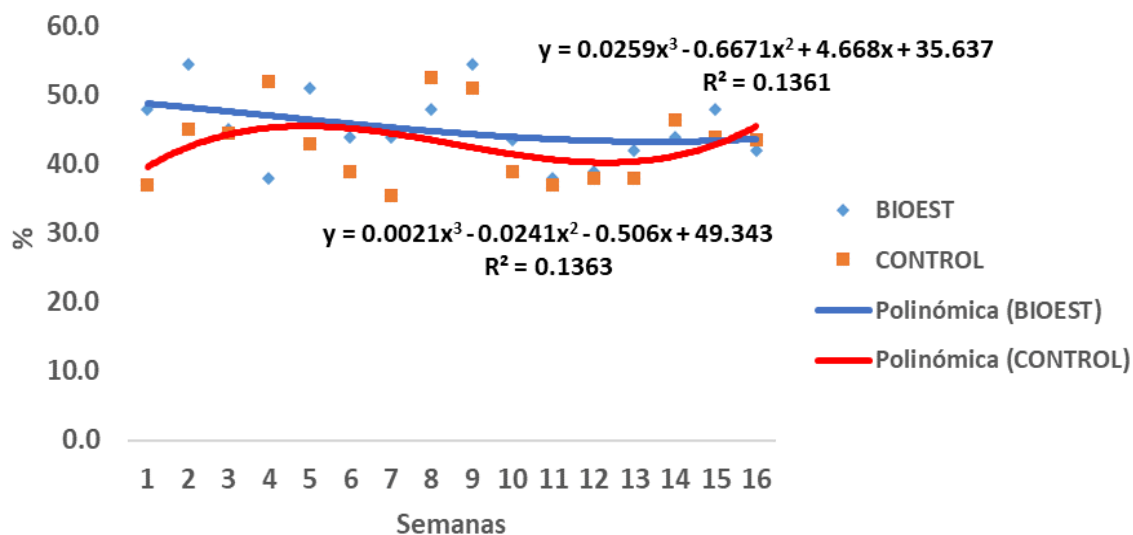
Cuadro XXXIII. PERFIL DE NEUTRÓFILOS PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

N° Lactacional	Control (%)	Bioestimuladas (%)	Diferencia (%)	%
1	42.84±8.25 ^a	45.21±5.76 ^a	+2.37	+5.53
2	45.12±6.60 ^a	47.53±5.38 ^a	+2.41	+5.34
3	43.90±7.19 ^a	44.03±6.02 ^a	+0.13	+0.29
4	46.18±5.78 ^a	46.65±6.05 ^a	+0.47	+1.01

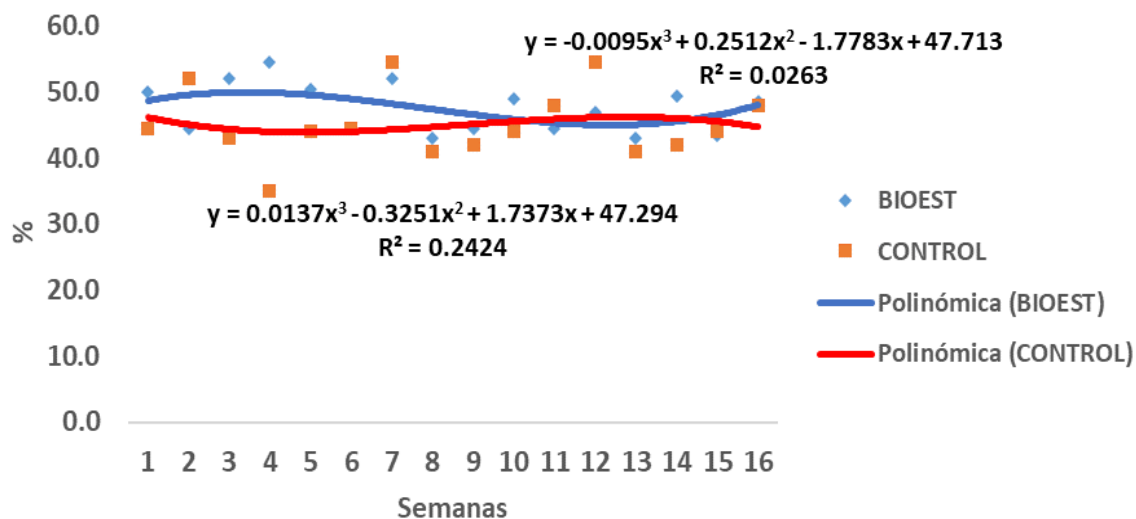
"Medias de la misma lactación con la misma letra a,a indica que no hubo diferencia significativa (P<.05)"

El cuadro XXXIII, mostró incremento en el perfil de neutrófilos, durante las 16 semanas de estudio, de +2.37 y +2.41 %, lo cual representa, +5.53 y +5.34 %, correspondiente a las vacas de primera y segunda lactancia respectivamente.

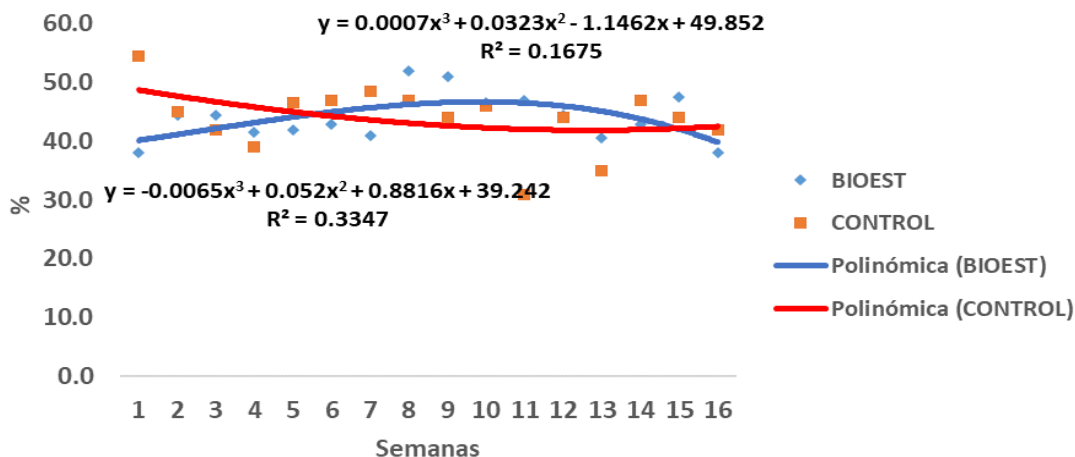
Gráfica XXIX. Tendencia de neutrófilos en sangre (NEU) en la primera lactancia



Gráfica XXX. Tendencia de neutrófilos en sangre (NEU) en la segunda lactancia

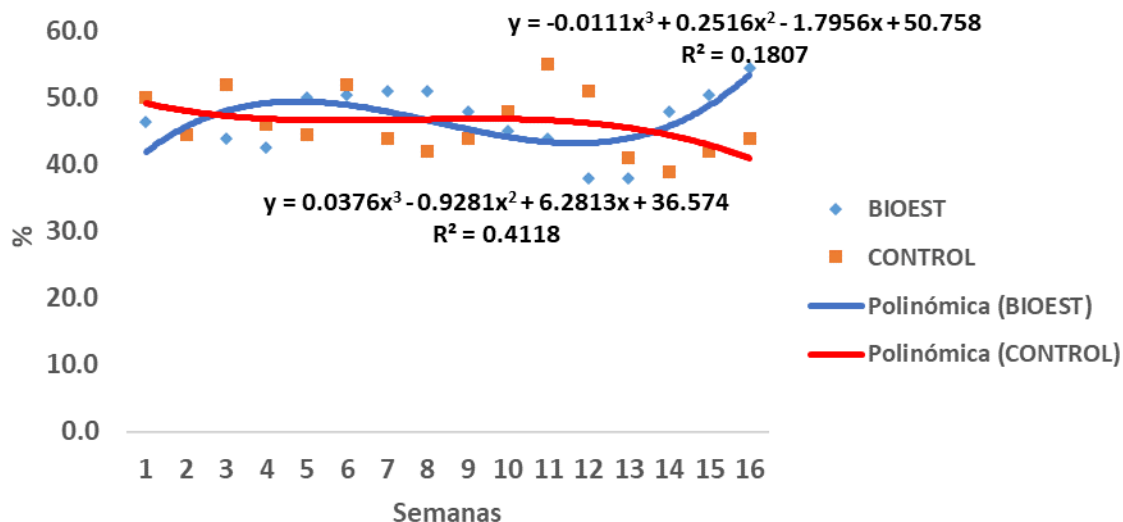


Gráfica XXXI. Tendencia de neutrófilos en sangre (NEU) en la tercera lactancia



En los gráficos anteriores (XXIX y XXX), se observa muy poca variación entre el comportamiento del grupo bioestimulado en comparación con el control, sin embargo, el análisis de varianza muestra que la bioestimulación fue significativa al 10% ($P < 0.0769$).

Gráfica XXXII. Tendencia de neutrófilos en sangre (NEU) en la cuarta lactancia



El gráfico XXXII, mostró muy poca variación entre el grupo control y el bioestimulado, sin embargo, en las últimas dos semanas de estudio, el grupo bioestimulado tiende a subir en comparación con el grupo control.

4.2.9. Volumen Celular Medio

El volumen celular promedio es una medida utilizada para evaluar la cantidad media de elementos celulares, el valor normal oscila entre 38 y 53 fL (Fraser *et al.*, 1993). El análisis de varianza mostrado en el cuadro XXXIV, describió mayor efecto de la bioestimulación sobre el volumen celular promedio, obteniendo diferencias menores al 1% ($P < .0006$), sin embargo, cabe resaltar la participación del tiempo de muestreo y número de partos al obtener diferencias al 0.19% ($P < .0019$) y 0.32% ($P < .0032$) respectivamente.

Cuadro XXXIV. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL VOLUMEN CELULAR MEDIO EN SANGRE (MCV)

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
A	1	399.500156	399.500156	12.44	0.0006
B	3	465.543209	155.181070	4.83	0.0032
A*B	3	154.868022	51.622674	1.61	0.1908
C	15	1252.304281	83.486952	2.60	0.0019
A*C	15	888.981606	59.265440	1.85	0.0349
B*C	45	2026.258453	45.027966	1.40	0.0735
A*B*C	45	2144.780366	47.661786	1.48	0.0451
Error	128	4109.56320	32.10596		
Total correcto	255	11441.79929			

Fuente Modelo	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
	127	7332.23609	57.73414	1.80	0.0005
		R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	MCV Media
		0.640829	12.04076	5.666212	47.05859

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

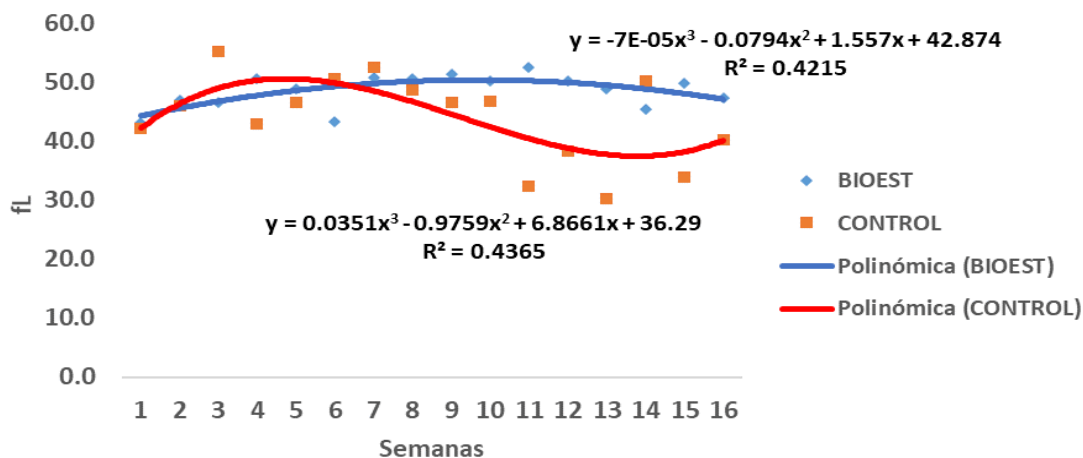
Cuadro XXXIV. VOLUMEN CELULAR MEDIO PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

<i>N° Lactacional</i>	<i>Control (fL)</i>	<i>Bioestimuladas (fL)</i>	<i>Diferencia (fL)</i>	<i>%</i>
1	44.01±9.48 ^a	48.60±4.53 ^b	+4.59	+10.43
2	46.85±8.00 ^a	48.51±4.30 ^b	+1.66	+3.54
3	43.71±9.41 ^a	46.97±3.94 ^b	+3.26	+7.45
4	48.65±4.44 ^a	49.14±4.37 ^a	+0.49	+1.00

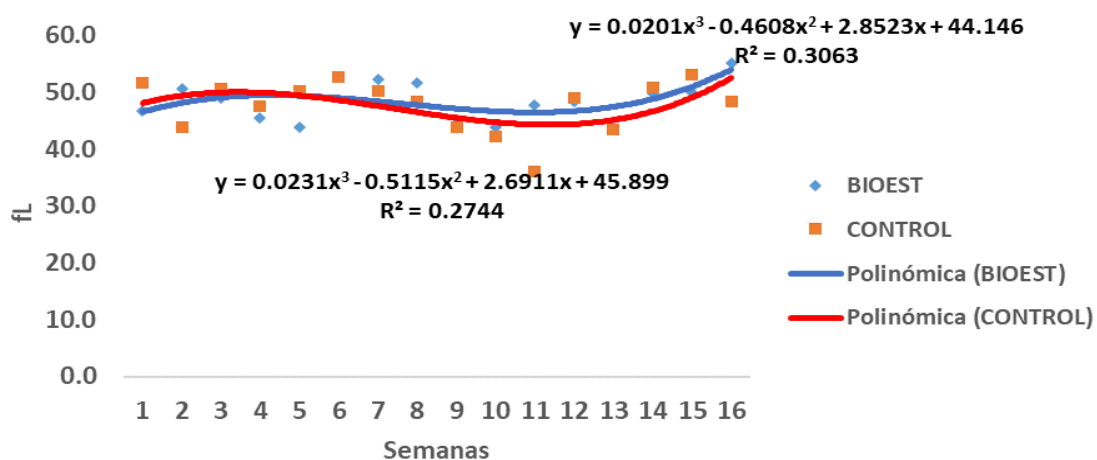
“Medias de la misma lactación con letras ab difieren al 1% (P<.01); ac difieren al 5% (P<.05) y con la misma letra aa no difieren al 5% (P<.05)”

El cuadro XXXV, mostró incremento en el volumen celular medio, durante las 16 semanas de estudio, de +4.59 y +1.66 fL, lo cual representa, +10.43 y +3.54 %, correspondiente a las vacas de primera y segunda lactancia respectivamente.

Gráfica XXXIII. Tendencia del volumen celular medio en sangre (MCV) en la primera lactancia

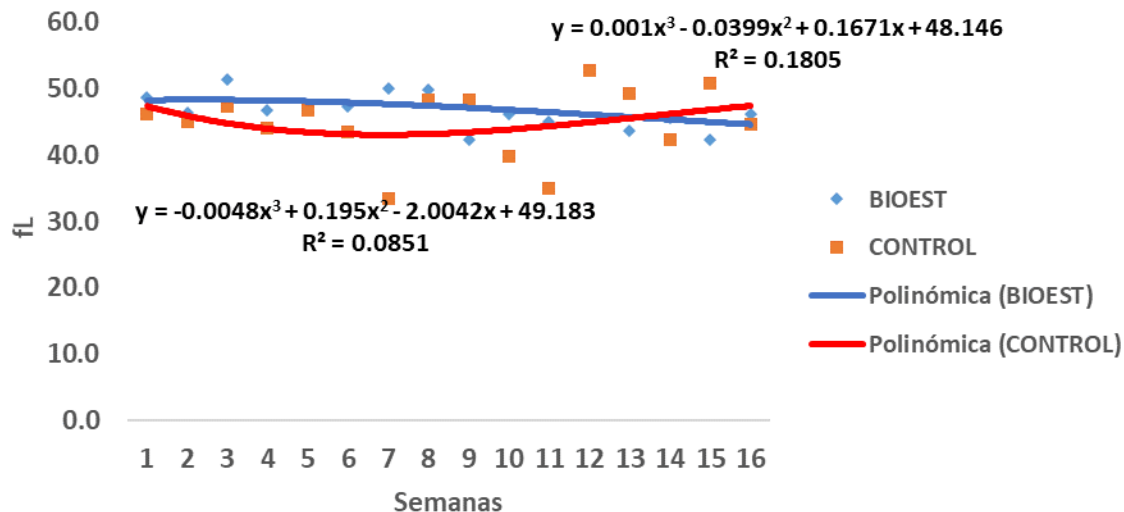


Gráfica XXXIV. Tendencia del volumen celular medio en sangre (MCV) en la segunda lactancia

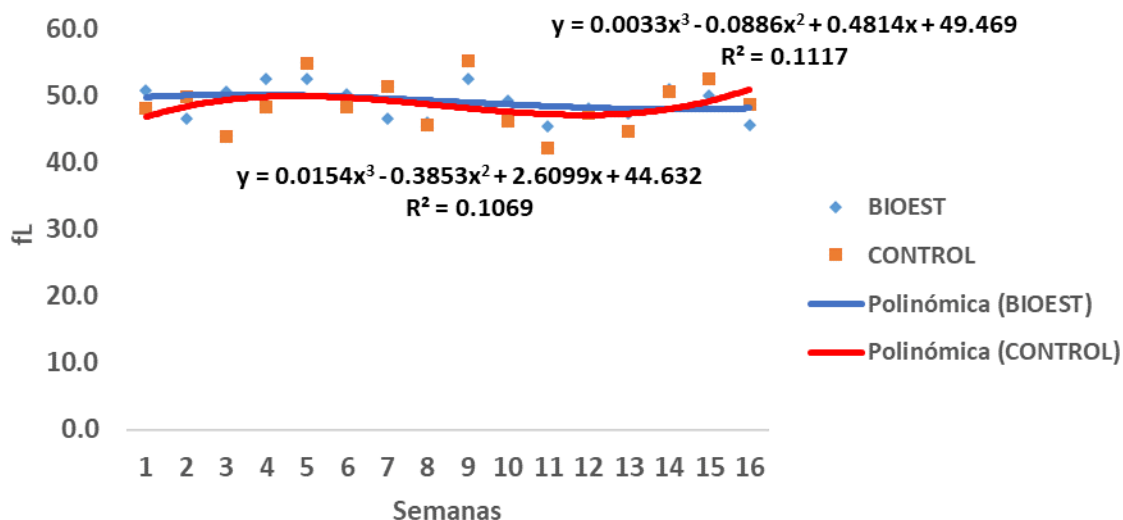


En los gráficos XXXIII y XXXIV, se observa muy poca variación entre el comportamiento del grupo bioestimulado en comparación con el control, sin embargo, el análisis de varianza muestra que el tratamiento es significativo al 1% ($P < 0.0006$).

Gráfica XXXV. Tendencia del volumen celular medio en sangre (MCV) en la tercera lactancia



Gráfica XXXVI. Tendencia del volumen celular medio en sangre (MCV) en la cuarta lactancia



Las vacas de primera lactancia fueron las más beneficiadas de la bioestimulación en cuanto al volumen celular medio, ya que en el gráfico XXXIII, a partir de la octava semana las vacas tratadas fueron superiores en comparación al grupo control.

4.2.10. Hemoglobina Celular Media

El promedio de hemoglobina celular en un perfil sanguíneo normal oscila entre 13 y 19 pg (Fraser *et al.*, 1993). El análisis de varianza mostró diferencias en la bioestimulación ($P < .0477$) y el tiempo de estudio ($P < .0550$); además obtuvieron diferencias en su interacción al 2.3% ($P < .0236$).

Cuadro XXXV. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA HEMOGLOBINA CELULAR MEDIA EN SANGRE (MCH)

Fuente	DF	Cuadrado de		F-Valor	Pr > F
		Tipo III SS	la media		
A	1	47.9729391	47.9729391	4.00	0.0477
B	3	55.2238813	18.4079604	1.53	0.2088
A*B	3	83.9027672	27.9675891	2.33	0.0773
C	15	309.1267625	20.6084508	1.72	0.0550
A*C	15	351.6396234	23.4426416	1.95	0.0236
B*C	45	349.6939812	7.7709774	0.65	0.9519
A*B*	45	455.6038203	10.1245293	0.84	0.7394
Error	128	1535.710000	11.997734		
Total correcto	255	3188.873775			

Fuente	DF	Suma de	Cuadrado de	F-Valor	Pr > F
Modelo		cuadrados	la media		
	127	1653.163775	13.017038	1.08	0.3229

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	MCH Media
0.518416	22.70723	3.463775	15.25406

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

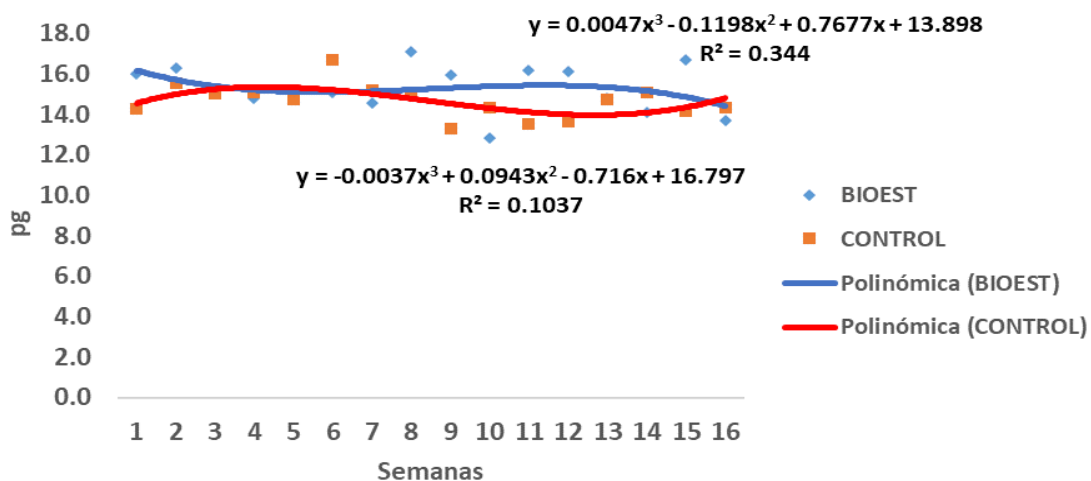
Cuadro XXXVI. HEMOGLOBINA CELULAR PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

N° Lactacional	Control (pg)	Bioestimuladas (pg)	Diferencia (pg)	%
1	14.66±1.09 ^a	17.35±8.11 ^b	+2.69	+18.34
2	14.70±0.84 ^a	15.35±3.23 ^b	+0.65	+4.42
3	14.91±1.08 ^a	15.50±3.95 ^b	+0.59	+3.95
4	14.53±0.91 ^a	15.00±1.01 ^b	+0.47	+3.23

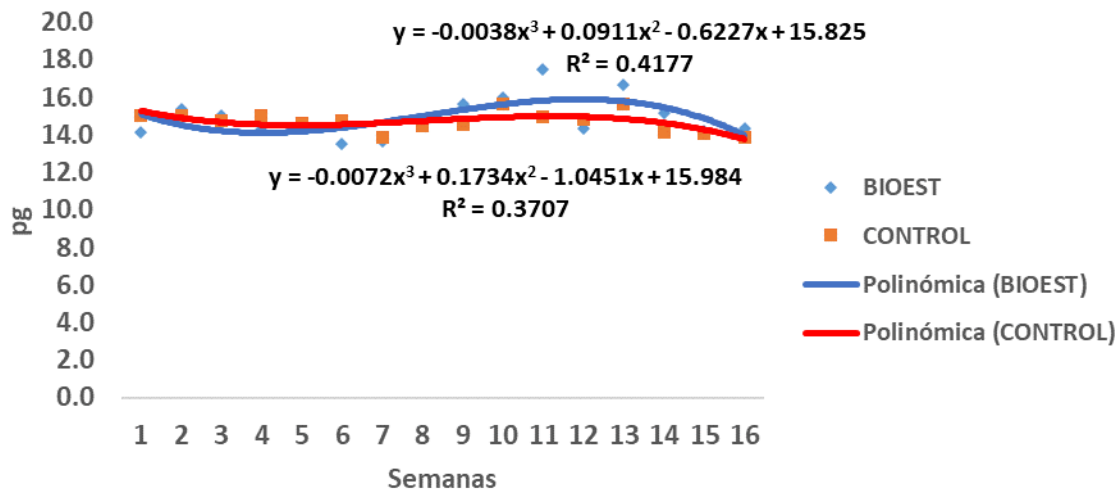
"Medias de la misma lactación con letras ab difieren al 1% (P<.01); ac difieren al 5% (P<.05) y con la misma letra aa no difieren al 5% (P<.05)"

El cuadro XXXVII, mostró incremento en la hemoglobina celular media, durante las 16 semanas de estudio, de +2.69 y +0.65 pg, lo cual representa, +18.34% y +4.42%, correspondiente a las vacas de primera y segunda lactancia respectivamente.

Gráfica XXXVII. Tendencia de la hemoglobina celular media en sangre (MCH) en la primera lactancia

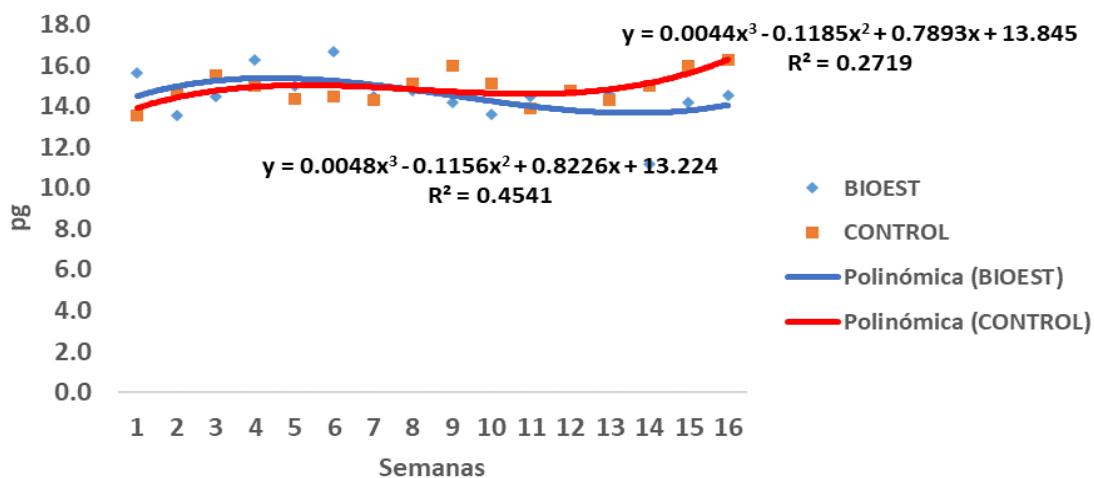


Gráfica XXXVIII. Tendencia de la hemoglobina celular media en sangre (MCH) en la segunda lactancia

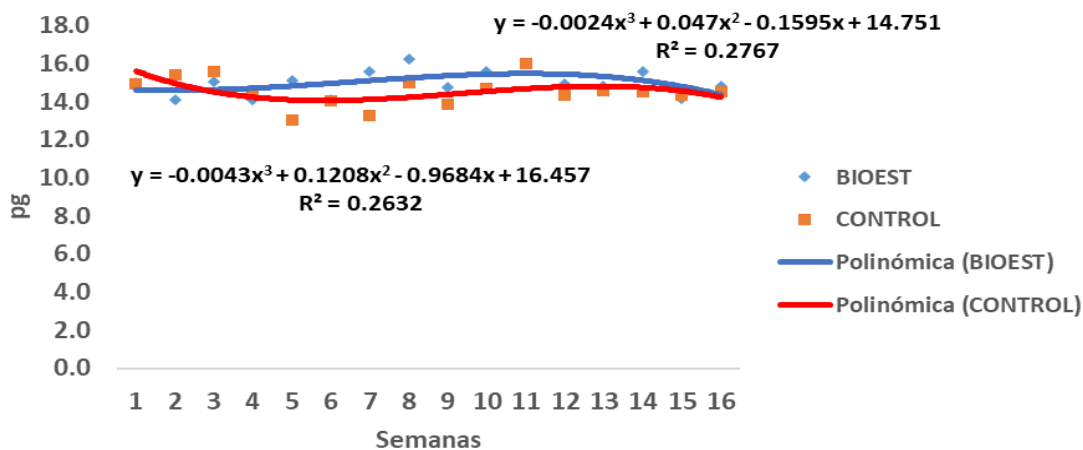


En los gráficos del (XXXVII y XXXVIII), se observó muy poca variación entre el comportamiento del grupo bioestimulado en comparación con el control, sin embargo, el análisis de varianza muestra que la bioestimulación fue significativa al 5% ($P < 0.0477$).

Gráfica XXXIX. Tendencia de la hemoglobina celular media en sangre (MCH) en la tercera lactancia



Gráfica XL. Tendencia de la hemoglobina celular media en sangre (MCH) en la cuarta lactancia



Cabe señalar que la bioestimulación obtuvo diferencias menores al 5% ($P < .0477$), además, su interacción con el tiempo de muestreo fue aún menor ($P < .0236$), sin embargo, se observa muy poca variación entre las vacas tratadas y su comportamiento entre cada fase lactacional.

4.2.11. Concentración de Hemoglobina Celular Media

La concentración media de hemoglobina celular en un perfil sanguíneo normal oscila entre 31 y 35 g/100ml (Fraser *et al.*, 1993). El siguiente cuadro XXXIII, mostró que no hubo diferencias estadísticas medibles para la concentración de hemoglobina celular media, siendo que tanto el grupo bioestimulado y el control se comportaron sin variación, solamente se puede resaltar el uso de la bioestimulación que obtuvo diferencias al 14.6% ($P < .1464$).

Cuadro XXXVII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA CONCENTRACIÓN DE HEMOGLOBINA CELULAR MEDIA EN SANGRE (MCHC)

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
A	1	46.6915973	46.6915973	2.14	0.1464
B	3	10.8096793	3.6032264	0.16	0.9199
A*B	3	46.1457605	15.3819202	0.70	0.5516
C	15	106.9300840	7.1286723	0.33	0.9918
A*C	15	140.1582215	9.3438814	0.43	0.9685
B*C	45	595.9882020	13.2441823	0.61	0.9722
A*B*C	45	526.8430957	11.7076243	0.54	0.9910
Error	128	2798.3703500	21.862268		
Total correcto	255	4271.9369900			

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	1473.566640	11.602887	0.53	0.9998

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	MCHC Media
0.344941	15.42365	4.675710	30.31520

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

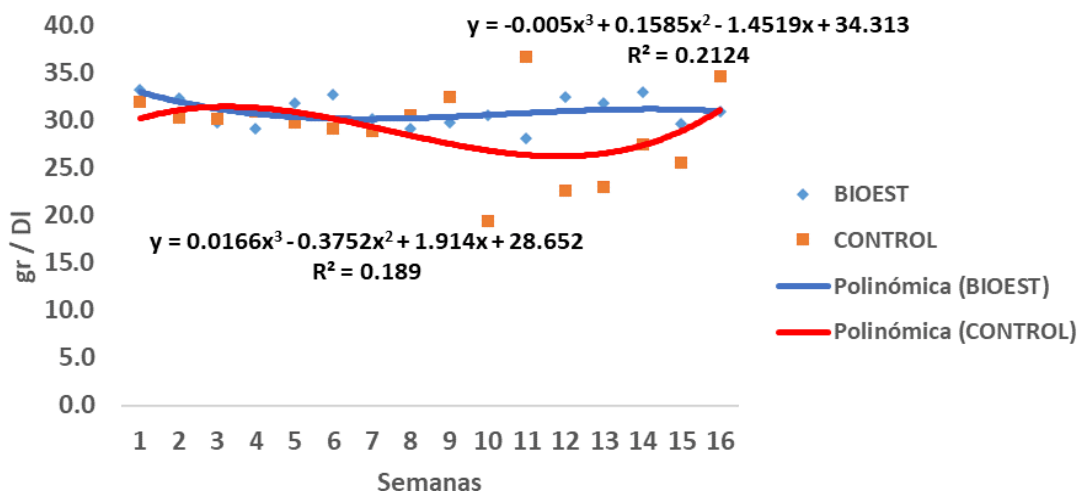
Cuadro XXXVIII. CONCENTRACIÓN DE HEMOGLOBINA CELULAR PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

<i>N° Lactacional</i>	<i>Control (gr / DI)</i>	<i>Bioestimuladas (gr / DI)</i>	<i>Diferencia (gr / DI)</i>	<i>%</i>
1	29.00±9.18 ^a	30.96±2.19 ^a	+1.96	+6.76
2	30.02±3.63 ^a	30.62±1.86 ^a	+0.60	+2.00
3	29.80±3.86 ^a	31.02±2.16 ^a	+1.22	+4.10
4	30.71±2.09 ^a	30.35±2.13 ^a	-0.36	-1.17

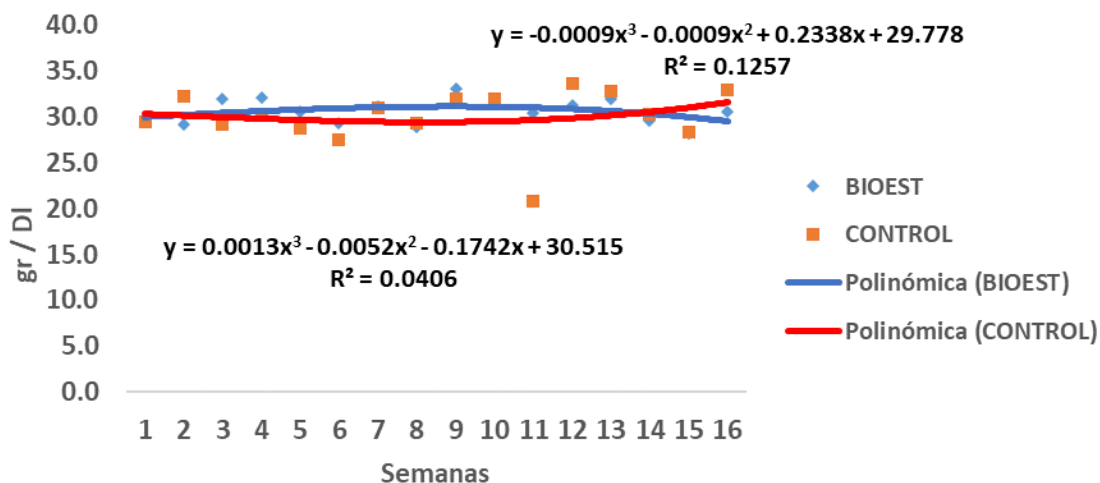
“Medias de la misma lactación con la misma letra a,a indica que no hubo diferencia significativa (P<.05)”

El cuadro XXXVIII, mostró incremento en la concentración de hemoglobina celular media, durante las 16 semanas de estudio, de +1.96 y +1.22 gr / DI, lo cual representa, +6.7% y +4.1%, correspondiente a las vacas de primera y tercera lactancia respectivamente.

Gráfica XLI. Tendencia de la concentración de hemoglobina celular media en sangre (MCHC) en la primera lactancia

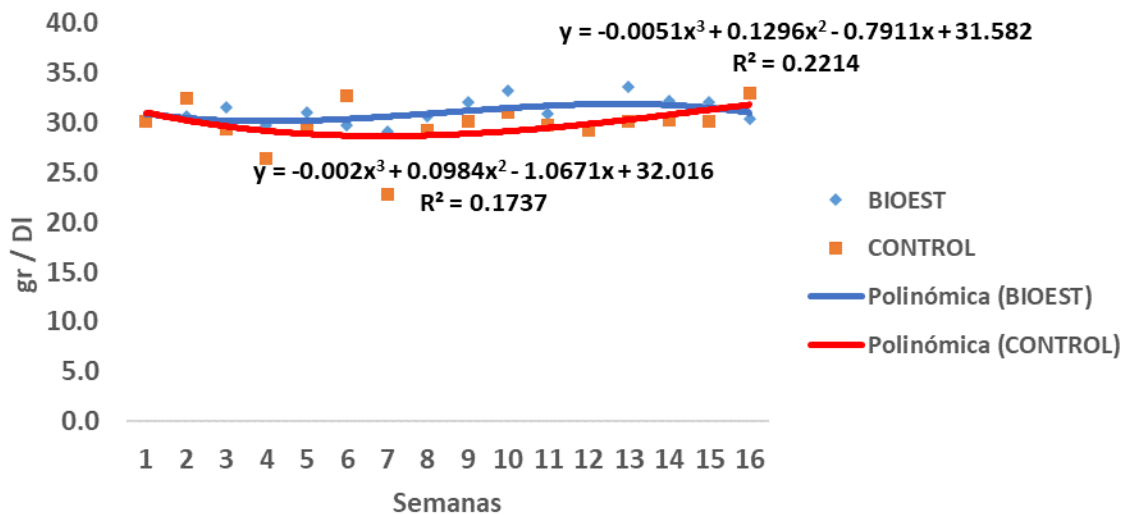


Gráfica XLII. Tendencia de la concentración de hemoglobina celular media en sangre (MCHC) en la segunda lactancia

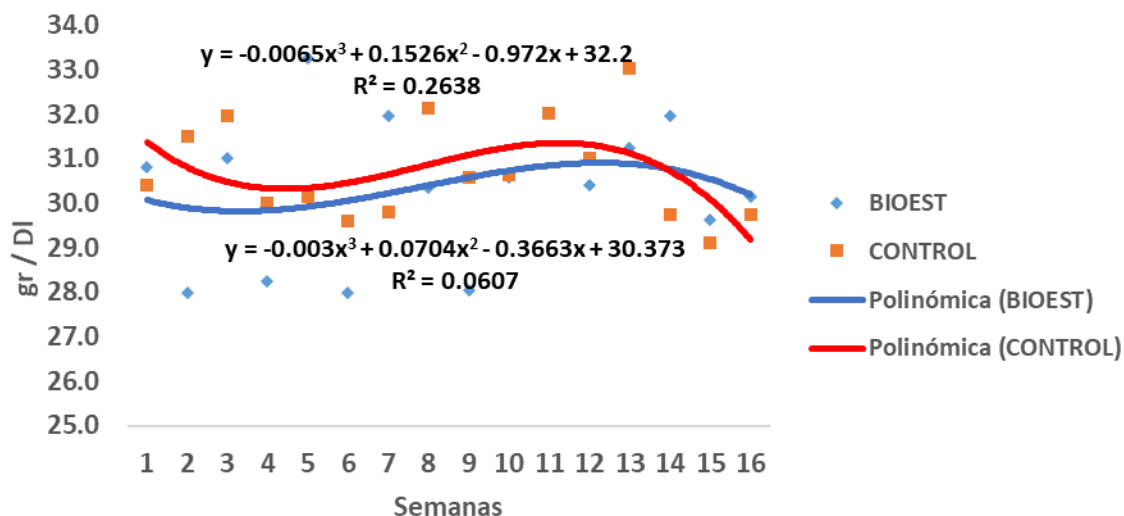


En los gráficos XLII y XLIII, se observa muy poca variación entre el comportamiento del grupo bioestimulado en comparación con el control ($P < 0.1464$).

Gráfica XLIII. Tendencia de la concentración de hemoglobina celular media en sangre (MCHC) en la tercera lactancia



Gráfica XLIV. Tendencia de la concentración de hemoglobina celular media en sangre (MCHC) en la cuarta lactancia



Cabe señalar que la bioestimulación fue diferente al 14.6%, descrito en el análisis de varianza mostrado en el cuadro XXXIII, sin embargo, la tendencia de los gráficos mostró que la bioestimulación no fue marcada en ninguna lactancia en específico.

4.2.12. Ancho de Banda de Glóbulos Rojos

El ancho de banda de eritrocitos en un perfil sanguíneo normal oscila entre 14 y 19% (Fraser *et al.*, 1993). Cabe señalar que en este análisis estadístico la interacción de la etapa lactacional y el tiempo de muestreo fueron los factores con mayor relevancia con diferencias al 1.6% ($P < .0162$) con respecto al ancho de banda de glóbulos rojos.

Cuadro XXXIX. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR EL ANCHO DE BANDA DE GLÓBULOS ROJOS EN SANGRE (RDW)

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
A	1	0.00950625	0.00950625	0.03	0.8560
B	3	0.61968125	0.20656042	0.72	0.5428
A*B	3	0.88360625	0.29453542	1.02	0.3842
C	15	6.91183125	0.46078875	1.60	0.0817
A*C	15	3.38488125	0.22565875	0.78	0.6924
B*C	45	21.29353125	0.47318958	1.65	0.0162
A*B*C	45	14.40840625	0.32018681	1.11	0.3156
Error	128	36.80790000	0.28756172		
Total correcto	255	84.31934375			

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	47.51144375	0.37410586	1.30	0.0693

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	RDW Media
0.563470	3.336852	0.536248	16.07047

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

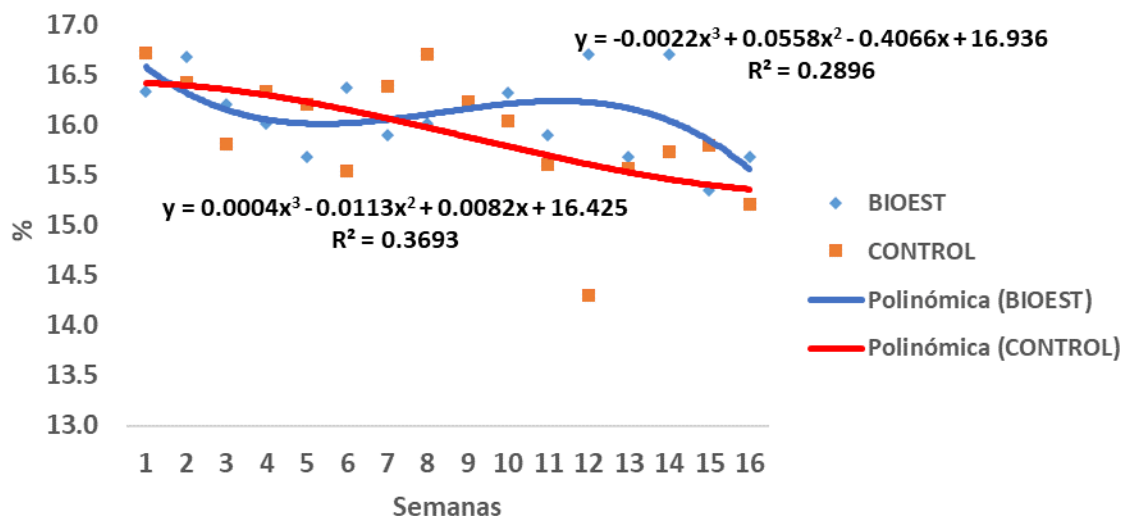
Cuadro XL. ANCHO DE BANDA DE GLÓBULOS ROJOS PROMEDIO AJUSTADO POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

Nº Lactacional	Control (%)	Bioestimuladas (%)	Diferencia (%)	%
1	15.91±0.74 ^a	16.11±0.56 ^a	+0.2	+1.25
2	16.07±0.49 ^a	15.98±0.52 ^a	-0.09	-0.56
3	16.11±0.65 ^a	16.14±0.57 ^a	+0.03	+0.18
4	16.15±0.47 ^a	16.05±0.55 ^a	-0.1	-0.62

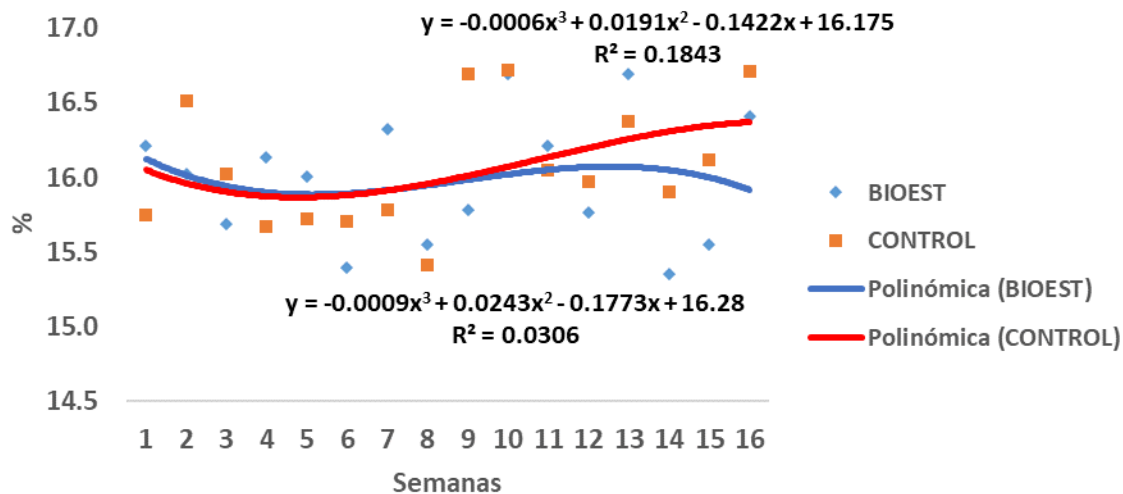
"Medias de la misma lactación con la misma letra a,a indica que no hubo diferencia significativa (P<.05)"

El cuadro XLI, mostró incremento en el ancho de banda de glóbulo rojo, durante las 16 semanas de estudio, de +0.2 y +0.03 gr / DI, lo cual representa, +1.25 y +0.18 %, correspondiente a las vacas de primera y tercera lactancia respectivamente.

Gráfica XLV. Tendencia del ancho de banda de glóbulos rojos en sangre (RDW) en la primera lactancia

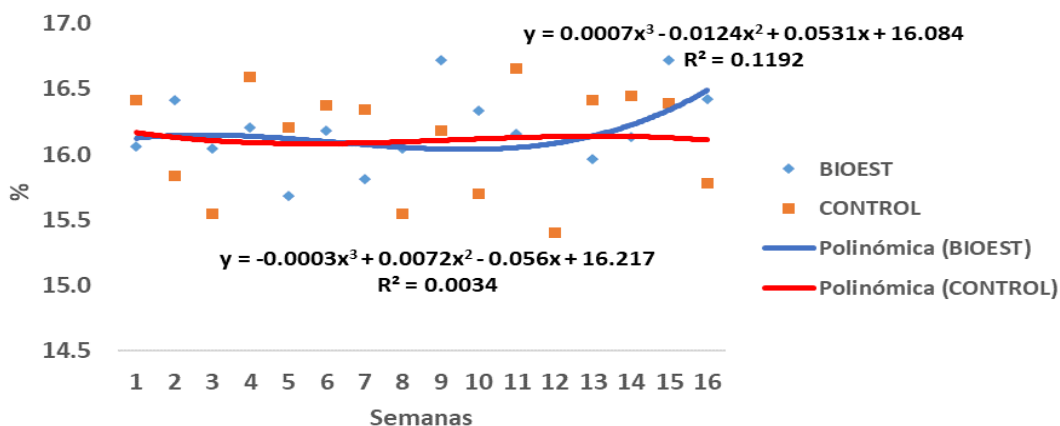


Gráfica XLVI. Tendencia del ancho de banda de glóbulos rojos en sangre (RDW) en la segunda lactancia



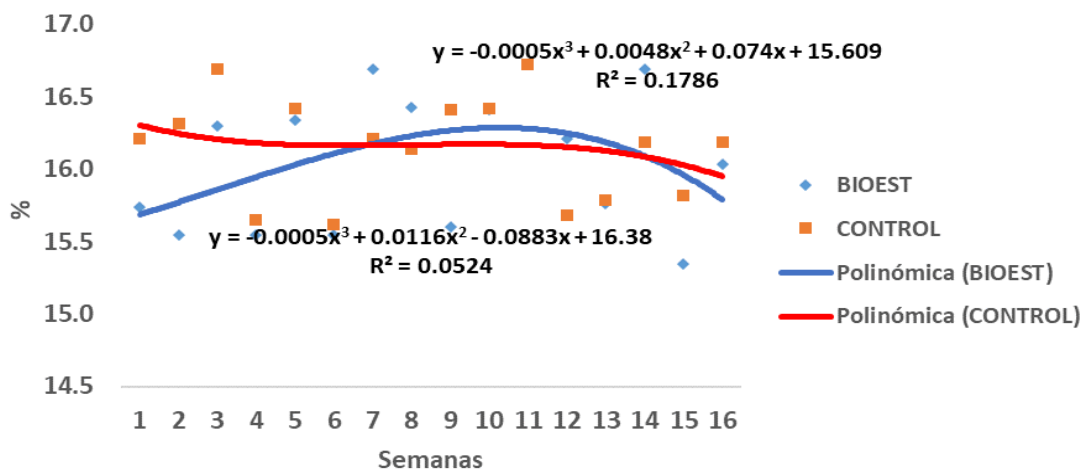
En los gráficos XLVI y XLVII, se observa muy poca variación entre el comportamiento del grupo bioestimulado en comparación con el control ($P < 0.8560$).

Gráfica XLVII. Tendencia del ancho de banda de glóbulos rojos en sangre (RDW) en la tercera lactancia



Es preciso hacer énfasis en que la bioestimulación hematopoyética mejoró el perfil hematimétrico en las vacas tratadas, sin embargo, las más beneficiadas fueron las de primera y segunda lactancia, no obstante, el ancho de banda de glóbulos rojos no juega un papel primordial al valorar el perfil sanguíneo.

Gráfica XLVIII. Tendencia del ancho de banda de glóbulos rojos en sangre (RDW) en la cuarta lactancia



4.3. Producción de leche

4.3.1. Producción de Leche Real

La producción de leche real se obtiene al medir los litros/vaca totales producidos por día, por lo tanto, si son dos ordeños al día, la producción de leche real sería la suma de ambos ordeños (am y pm). Los resultados del cuadro XLII, se deben a que la producción de leche tiende a incrementar con el número de lactancia ($P < .0001$), hecho investigado dentro de la raza Holstein en donde se demuestra que entre el segundo y tercer parto se obtiene la mayor producción de leche/lactancia (Cañas, *et al.*, 2009); y que hay un incremento usual entre la primera y tercera a cuarta lactación (Araúz, 2009).

Cuadro XLI. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA PRODUCCIÓN DE LECHE REAL (PLr)

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
A	1	138.062500	138.062500	3.52	0.0628
B	3	928.750000	309.583333	7.90	<.0001
A*B	3	276.312500	92.104167	2.35	0.0755
C	15	2186.625000	145.775000	3.72	<.0001
A*C	15	264.562500	17.637500	0.45	0.9601
B*C	45	1715.875000	38.130556	0.97	0.5286
A*B*C	45	759.5625000	16.879167	0.43	0.9992
Error	128	5016.000000	39.18750		
Total correcto	255	11285.750000			

	Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	6269.75000	49.36811	1.26	0.0967	
Error	128	5016.00000	39.18750			

	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PLr Media
	0.555546	28.09534	6.259992	22.28125

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

En el análisis de comparación de medias para la producción de leche real (ver cuadro XLIII), se observó diferencias en la segunda lactancia en comparación al resto, para ambos grupos (Bioestimuladas y control); Sin embargo, la producción láctea promedio para el grupo bioestimulado fue mayor.

Cuadro XLII. PRODUCCIÓN DE LECHE PROMEDIO AJUSTADA POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

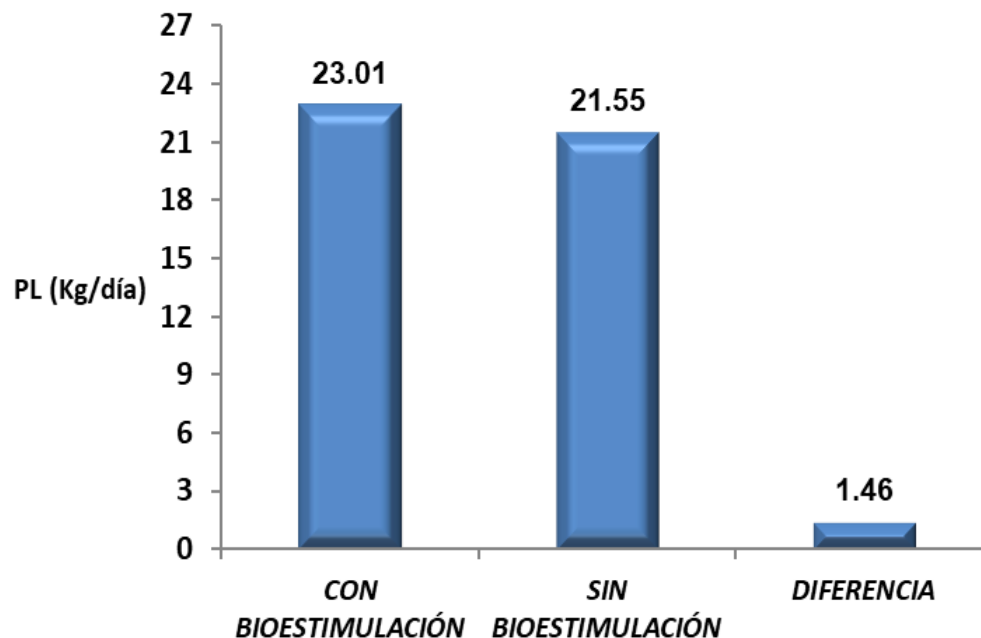
<i>Nº Lactacional</i>	<i>Control (Kg)</i>	<i>Bioestimuladas (Kg)</i>	<i>Diferencia (Kg)</i>	<i>%</i>
1	18.09±3.50 ^a	22.28±4.89 ^b	+4.19	+23.16
2	24.15±6.10 ^a	26.47±4.46 ^c	+2.32	+9.61
3	22.06±4.50 ^a	20.56±4.83 ^a	-1.50	-6.80
4	21.88±5.98 ^a	22.75±12.16 ^a	+0.87	+3.98

“Medias de la misma lactación con letras ab difieren al 1% (P<.01); ac difieren al 5% (P<.05) y con la misma letra aa no difieren al 5% (P<.05)”

La tendencia de la producción de leche real en la primera lactancia resultó ser la mayor respuesta lactacional acorde con la bioestimulación hematopoyética durante las primeras 10 semanas de la fase de estudio correspondiente a las 16 semanas de lactación o primer tercio lactacional

Según estos resultados la bioestimulación hematopoyética benefició a las vacas de primera y segunda lactación en los primeros 70 días a partir del tratamiento indicado; alcanzando un diferencial de producción láctea de +4.19 Kg/día en la primera lactancia y +2.32 Kg/día en la segunda lactación.

Gráfica XLIX. Medias de la producción de leche real para bioestimulación, control y su diferencia genérica independiente del número lactacional



Es relevante indicar que la producción de leche en las vacas bioestimuladas superó al grupo control en 6.77%, es decir en, +1.46 kg/día a lo largo de las 16 semanas del estudio. Esto sugiere que el soporte hematopoyético estuvo asociado con un aumento en la producción de leche promedio en 16 semanas de 2577.12 kg/vaca; mientras que en el grupo control (sin bioestimulación), la producción de leche acumulada fue de 2413.6 kg; marcando un diferencial de +163.52 kg/vaca que corresponde a un incremento de 6.77%, cuando no se tomó en cuenta la influencia de las primeras cuatro lactaciones. Se reitera que las mayores respuestas son hemáticas para las primeras lactaciones, lo cual prevalece como sobresaliente en el estudio.

El fortalecimiento hematopoyético mediante la aplicación de minerales como el Fe, Cu y Co en conjunto con las vitaminas B₁ y B₁₂, representó una condición positiva para la producción de leche; aunque la respuesta lactacional es secundaria durante la lactación (Fraser *et al.*, 1993); pero para el marco empresarial de la finca lechera constituye un resultado de valor económico (Abdelrahman *et al.*, 2010)

Los beneficios de los minerales y las vitaminas como microfactores nutricionales y nutracéuticos influyen sobre los procesos metabólicos sistémicos y sectoriales orgánicos; facilitando las reacciones que acompañan el metabolismo lactacional sobre los lípidos, carbohidratos y proteínas (Lucy, 2003). Cabe destacar que los micronutrientes minerales y vitaminas han sido referidas como limitantes metabólicos para promover el crecimiento, la reproducción y la lactancia (Hurley & Doane, 1989).

En el proceso de la lactación, el contraste entre la demanda de nutrientes para el mantenimiento corporal, producción de leche y los ajustes energéticos, por razones de manejo y microclima, representan razones de importancia metabólica y nutricional con consecuencias en la producción de leche y el desempeño reproductivo (Araúz, 2019); La función de los microfactores nutricionales a través del metabolismo plantean ajustes y nuevas perspectivas en relación con el potencial de producción y la fertilidad postpartal en la vaca lechera (Squires, 2003). En este sentido, también es preciso tomar en cuenta la

influencia de la madurez somática y lactacional; por ende, la importancia y presión metabólica sobre los microfactores nutricionales como los minerales y vitaminas en las primeras lactaciones dado el mayor contraste metabólico relativo a las reservas corporales y el grado relativo de predisposición a las primeras rutas de movilización de las reservas corporales; procedente de la influencia gastrointestinal avanzada y del balance energético negativo de nutrientes como la energía (Butler & Smith, 1989), proteína (Fallis, 2013), minerales (Hurley & Doane, 1989) y de las vitaminas (Swanson, 1989).

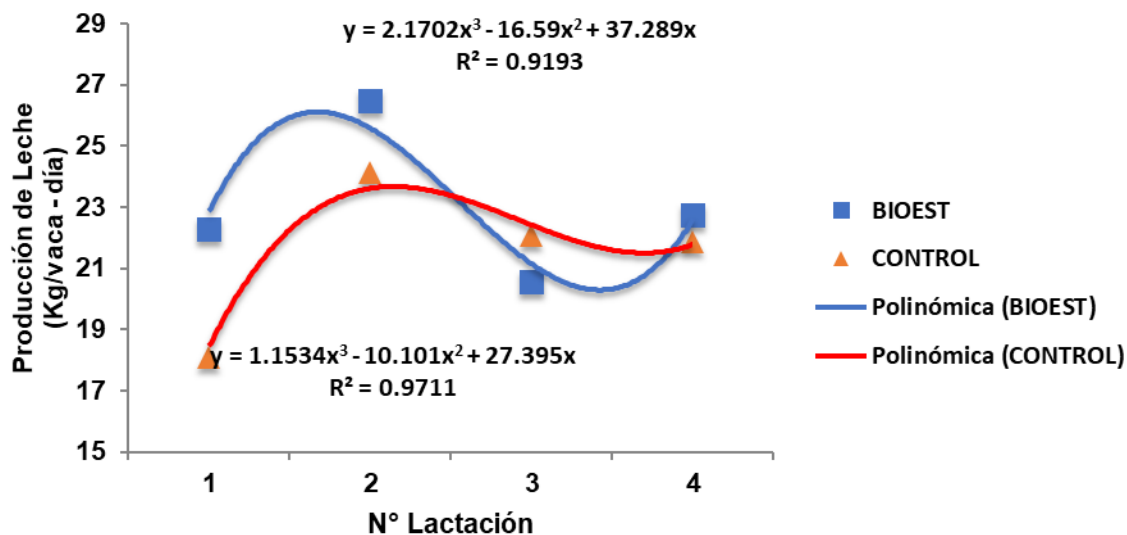
En consecuencia, la tendencia de la producción láctea real en las primeras 16 semanas de la lactación presentó una tendencia curvilineal, especialmente en las primeras tres lactaciones; Destacándose la mayor producción en la primera y segunda lactación con un diferencial entre la bioestimulación y el control de +4.19 Kg/día y +2.32 Kg/día; cifras que corresponden al +23.16% y +9.61%; mientras que en la tercera y cuarta lactación no se observó diferencias significativas entre las medias ($P > 0.05$)

En el presente estudio la producción de leche fue afectada por el N° lactacional ($P < .0001$); resultando la mayor variación relativa en comparación con los otros factores como el tratamiento y las semanas de estudio. El mejoramiento de las condiciones nutricionales y suplementarias benefician más la producción de leche en las primeras lactaciones (Bath *et. al.*, 1986; Visser y Wilson, 2006);

Aún en los sistemas de producción de leche tropical utilizando razas Holstein (Cañas *et al.*, 2009) y en Pardo Suizo (Araúz *et al.*, 2014).

En el presente estudio se observó que la producción de leche fue diferente ($P < .0755$) cuando se consideró intrínsecamente la bioestimulación y a través de las primeras cuatro lactaciones en la fase más crítica, durante las primeras 16 semanas ó el primer tercio de la lactación en vacas Holstein como se ilustra en la gráfica L a continuación, al contemplar las medias de la producción láctea aportadas por el estado lactacional y el tratamiento (Bioestimulación vs Control)

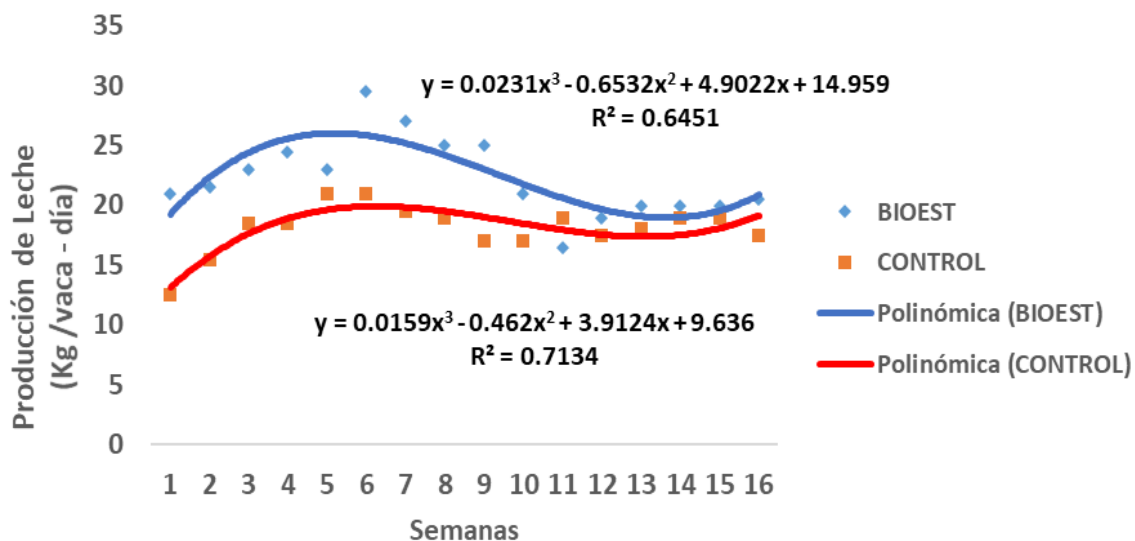
Gráfica L Medias de la producción de leche real para bioestimulación y control en las primeras cuatro lactaciones



La bioestimulación hematopoyética mineral (Fe, Cu, Co) y vitamínica (B₁, B₁₂) estuvo asociada con un aumento en la producción de leche real en la primera y segunda lactancia, correspondiéndose a +23.16% y +9.61% respectivamente;

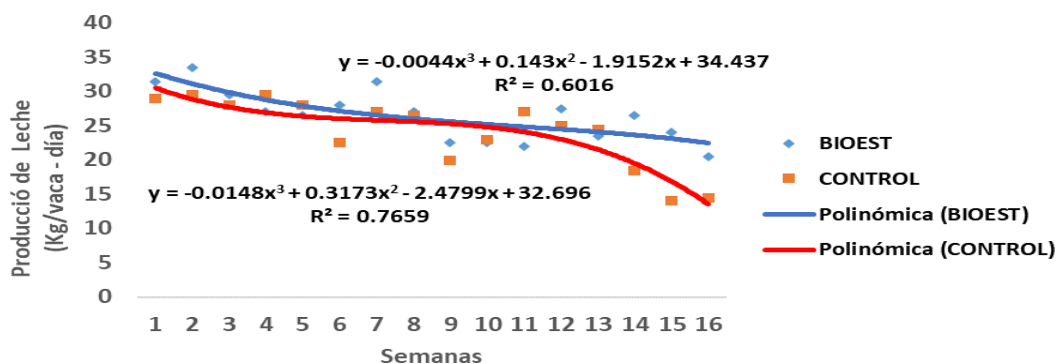
No obstante, en las lactaciones tres y cuatro se observó una mínima respuesta negativa muy limitada, por lo tanto, se puede indicar que la bioestimulación hematopoyética es de mayor beneficio en vacas más jóvenes y por ende impacta más productivamente en la primera (+23.16%) y segunda (+9.61%) lactación.

Gráfica LI. Tendencia de la producción de leche real (PLR) en la primera lactancia



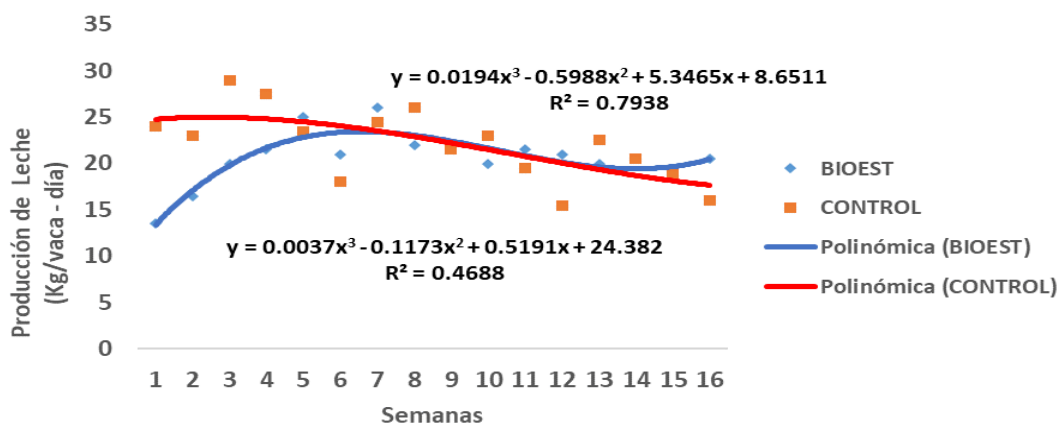
La tendencia de producción de leche real, en la primera y segunda lactancia evidenció que la bioestimulación beneficia el desempeño o la producción de leche en especial en las primeras 11 a 12 semanas de la lactación.

Gráfica LII. Tendencia de la producción de leche real (PLR) en la segunda lactancia



Es relevante indicar que la producción de leche real fue superior en el grupo tratado, aunque no difiere del control; pero pudo sostenerse en las últimas cuatro semanas de la evaluación. La tendencia en vacas de segunda lactancia muestra que ambas despegan de puntos bastante contiguos, sin embargo, los animales bioestimulados mantiene su producción por encima del control durante las 16 semanas que duró la investigación. No obstante, el grupo control descende su producción a partir de la doceava semana.

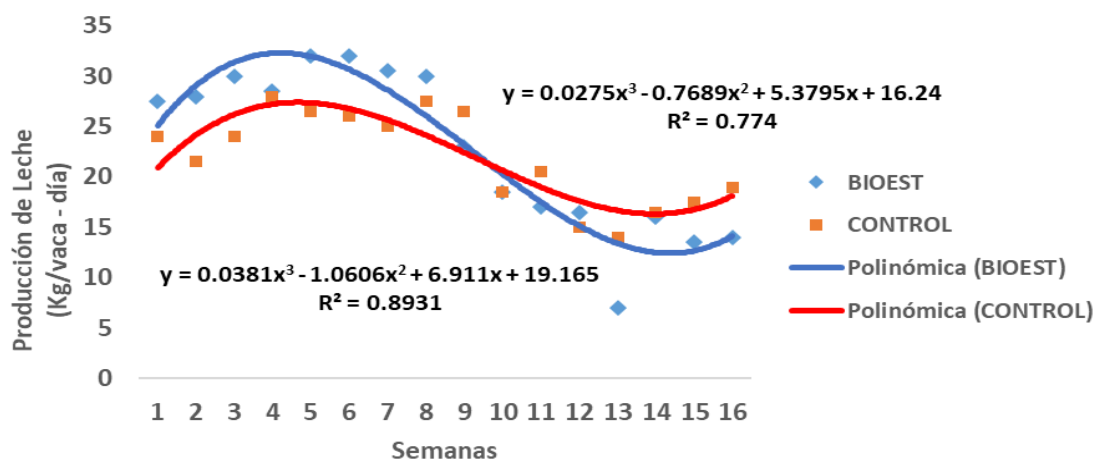
Gráfica LIII. Tendencia de la producción de leche real (PLR) en la tercera lactancia



Es notable que la curva de las vacas tratadas llego a un tope de producción superior que las vacas no tratadas, hecho que puede ser atribuido al tratamiento administrado, sin embargo, las medias de producción mostradas en el cuadro XLIII. Indican para la cuarta lactancia que la media difiere en 1kg de leche durante toda la trayectoria del estudio. Adicionalmente, las vacas del grupo tratado se presentan con menor producción de leche que las vacas control; pero estas con la bioestimulación mejoraron logrando la misma producción a la sexta semana después de la interacción bioestimulación con minerales (Fe, Cu, Co) y vitaminas (B₁, B₁₂).

Se observó un episodio de mayor producción de leche en las primeras ocho semanas en las vacas bioestimuladas dentro de la cuarta lactación en comparación con el control (solución salina fisiológica).

Gráfica LIV. Tendencia de la producción de leche real (PLR) en la cuarta lactancia



Muy similar al análisis anterior, observamos que no mostraron diferencias significativas ($P < .05$), para la variable de producción de leche corregida por grasa al 3.5% (ver cuadro XLII), pero si hubo diferencia significativa ($P < 0.0001$), para número de lactacias (B) y para el Tiempo (C) de forma individual, las interacciones no mostraron valores considerables; No obstante, la interacción de A*B (bioestimulación-número de partos), mostró diferencia 10% ($P < .0755$).

4.3.2. Producción de leche corregida por grasa

La producción corregida por la composición de grasa láctea es una forma muy útil y ampliamente utilizada para reducir sesgos de producción de leche con diferente composición de grasa; mediante la siguiente fórmula, se ajustó la producción al 3.5% de grasa.

$$PLg \text{ en Kg} = ((0.432 * (\text{Producción leche real en lbs})) + (((\text{Producción leche real en lbs}) * \% \text{ de grasa láctea}) * 16.23)) / 2.2046$$

La bioestimulación mostró significancia al 6.4% ($P < .0637$) y su interacción con el número de partos fue de 7.5% ($P < .0747$), por lo tanto, ambas son consideradas de importancia funcional ya que en la primera y segunda lactancia mostraron incrementos en la producción de leche de +23.16% y 9.61% respectivamente.

Cuadro XLIII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA PRODUCCIÓN DE LECHE CORREGIDA POR GRASA (PLg).

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
A	1	129.817539	129.817539	3.50	0.0637
B	3	880.063867	293.354622	7.90	<.0001
A*B	3	262.564805	87.521602	2.36	0.0747
C	15	2068.035898	137.869060	3.71	<.0001
A*C	15	250.461836	16.697456	0.45	0.9602
B*C	45	1622.494258	36.055428	0.97	0.5310
A*B*C	45	717.943320	15.954296	0.43	0.9992
Error	128	4750.30500	37.11176		
Total correcto	255	10681.68652			

Fuente Modelo	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
	127	5931.38152	46.70379	1.26	0.0978
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PLg Media	
	0.555285	28.11953	6.091942	21.66445	

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

La variable tiempo de muestreo, demostró en ambos casos ser altamente significativa ($P < 0.0001$), siendo el intervalo de evaluación (los primeros 120 días en producción), el periodo de mayor cambios fisiológicos y hormonales durante toda la lactancia (Bartolomé, 2009). La bioestimulación hematopoyética mostró diferencia al 6.37% ($P < 0.0637$), mientras que el número lactacional al igual que el tiempo de estudio, mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$).

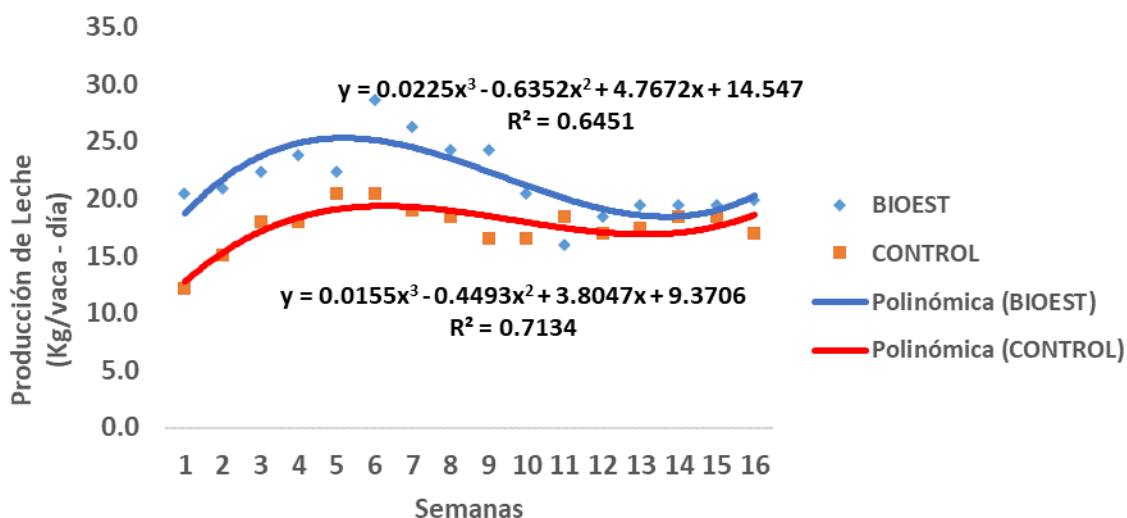
Cuadro XLIV. PRODUCCIÓN DE LECHE PROMEDIO AJUSTADA POR GRASA Y NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

N° Lactacional	Control (Kg)	Bioestimuladas (Kg)	Diferencia (Kg)	%
1	17.59±3.41 ^a	21.66±4.76 ^b	+4.07	+23.14
2	23.49±5.93 ^a	25.74±4.33 ^c	+2.25	+9.58
3	21.46±4.38 ^a	19.98±4.70 ^a	-1.48	-6.89
4	21.26±5.82 ^a	22.11±11.83 ^a	+0.85	+4.00

“Medias de la misma lactación con letras ab difieren al 1% (P<.01); ac difieren al 5% (P<.05) y con la misma letra aa no difieren al 5% (P<.05)”

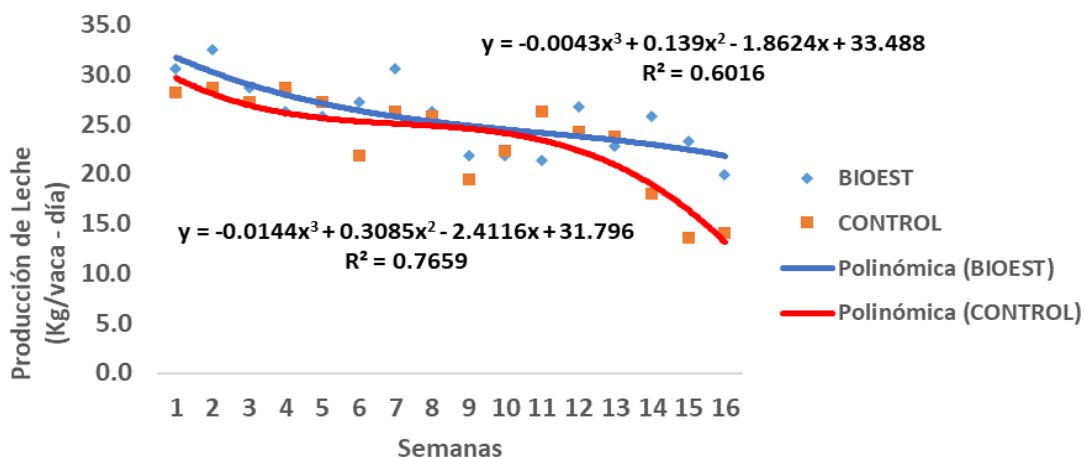
Las vacas lecheras, en el primer tercio lactacional, llegan al punto máximo de producción de leche, etapa que demanda gran cantidad de nutrientes y biofactores necesarios para suplir sus requerimientos de mantenimiento y producción. Cabe señalar que, las vacas Holstein de primera lactancia necesitan 66 días para llegar al pico de producción, en cambio, las de segunda y tercera lactancia tardan 54 días en alcanzar este punto. Esto podría ocurrir ya que las vacas de primer parto demandan mayor cantidad de nutrientes al tener un requerimiento extra (Crecimiento), que las otras vacas de lactancia superior no lo tienen. Las tendencias de producción de leche corregida por grasa al 3.5% tiene mucha similitud a las mostradas en la producción real, teniendo que, para las vacas de primera lactancia encontramos que la producción se mantiene por encima del grupo control durante el periodo de muestreo.

Gráfica LV. Tendencia de la producción de leche corregida por grasa al 3.5% (PLg) en la primera lactancia



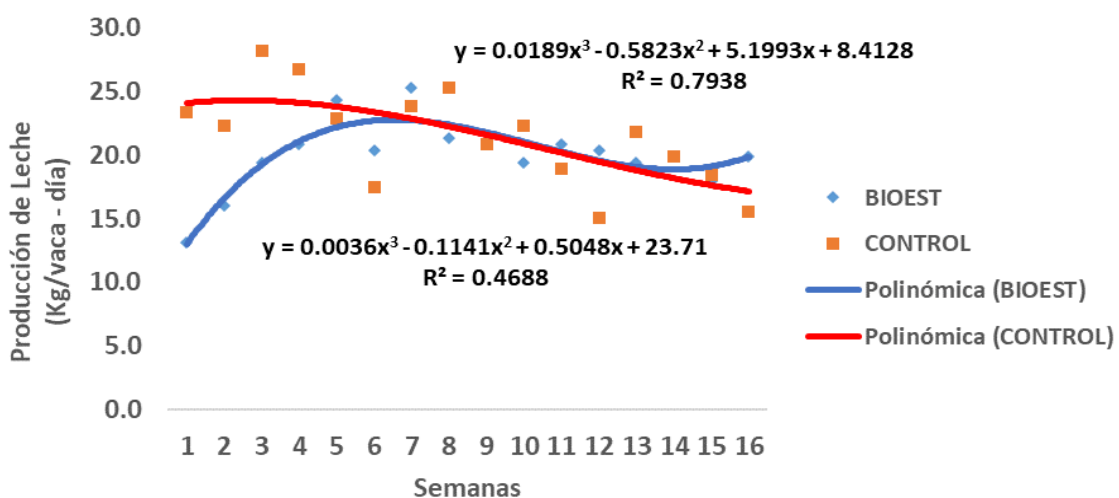
El punto máximo de producción en la finca, fue de 31.1 kg de leche alcanzado aproximadamente al los 55 días, cabe señalar que una de las vacas bioestimuladas (ID= A240), logró alcanzar este promedio del hato a la sexta semana y logró mantenerse por encima de los 30 kg hasta la novena semana de producción. La tendencia biolactacional en las vacas bioesimuladas fue superior al grupo testigo en la primera lactación; sin embargo, las vacas con estimulación hematopoyética iniciaron su lactancia con mayor producción. Es esencial reconocer que las vacas bioestimuladas iniciaron con mayor producción, en comparación con el grupo control, sin embargo, el tratamiento evidenció un incremento en la producción de leche sobre el grupo control, por ello sugiero que la suplementación mineral y vitamínica favoreció la respuesta hematopoyética, la cual, a su vez, también favoreció un mayor desempeño lactacional.

Gráfica LVI. Tendencia de la producción de leche corregida por grasa al 3.5% (PLg) en la segunda lactancia



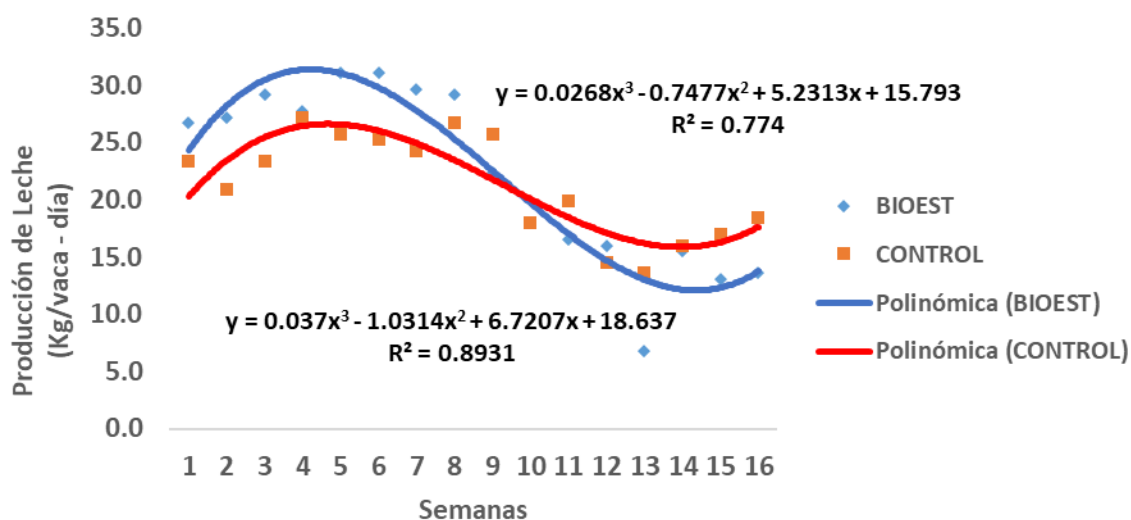
Es relevante destacar que las vacas bioestimuladas durante la segunda fase lactacional, mantuvieron su producción superior al grupo testigo, sin embargo, en las últimas seis semanas de estudio, las vacas bioestimuladas lograron mantener su producción mientras que las testigos redujeron progresivamente su producción.

Gráfica LVII. Tendencia de la producción de leche corregida por grasa al 3.5% (PLg) en la tercera lactancia



Durante la tendencia de producción láctea, en la tercera lactancia, cabe señalar que las vacas control iniciaron su producción diez litros por encima del grupo bioestimulado, sin embargo, gracias a la contribución de la bioestimulación hematopoyética estas últimas lograron igualar la producción del grupo control y superarlas en las últimas tres semanas.

Gráfica LVIII. Tendencia de la producción de leche corregida por grasa al 3.5% (PLg) en la cuarta lactancia



La producción de leche corregida por grasa láctea fue superior en las vacas bioestimuladas durante las primeras nueve semanas, lo cual indica, que la aplicación de minerales (Fe, Cu, Co) y vitaminas (B₁, B₁₂), están asociados con una mayor producción y a una mayor potencia galactogénico al menos en las primeras nueve semanas de la fase de producción bajo la suplementación parenteral mineral y vitamínica.

4.3.3. Producción de Leche Corregida por Energía

La producción corregida por energía fue utilizada, al igual que la corrección por grasa láctea, para disminuir al máximo la variación por error, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PLe en Kg} = ((0.327 * (\text{Producción leche real en lbs})) + (((\text{Producción leche real en lbs}) * \% \text{ de grasa láctea}) * 12.95) + (((\text{Producción leche real en lbs}) * 3.27\%) * 7.2))$$

El análisis de varianza mostró que la producción láctea corregida por energía mostró diferencia al 6.3% ($P < .063$); sin embargo, se observó que el número lactacional (B) y el tiempo (C) fueron altamente significativos ($P < .0001$)

Cuadro XLV. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA PRODUCCIÓN DE LECHE CORREGIDA POR ENERGIA (PLe)

Cuadrado de					
Fuente	DF	Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
A	1	661.45410	661.45410	3.52	0.0630
B	3	4462.63762	1487.54587	7.91	<.0001
A*B	3	1324.58105	441.52702	2.35	0.0757
C	15	10493.88184	699.59212	3.72	<.0001
A*C	15	1271.56277	84.77085	0.45	0.9598
B*C	45	8231.18551	182.91523	0.97	0.5288
A*B*C	45	3643.44457	80.96543	0.43	0.9992
Error	128	24065.48500	188.01160		
Total correcto	255	54154.23246			

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	30088.74746	236.91927	1.26	0.0965
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PLe Media	
	0.555612	28.09084	13.71173	48.81211	

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

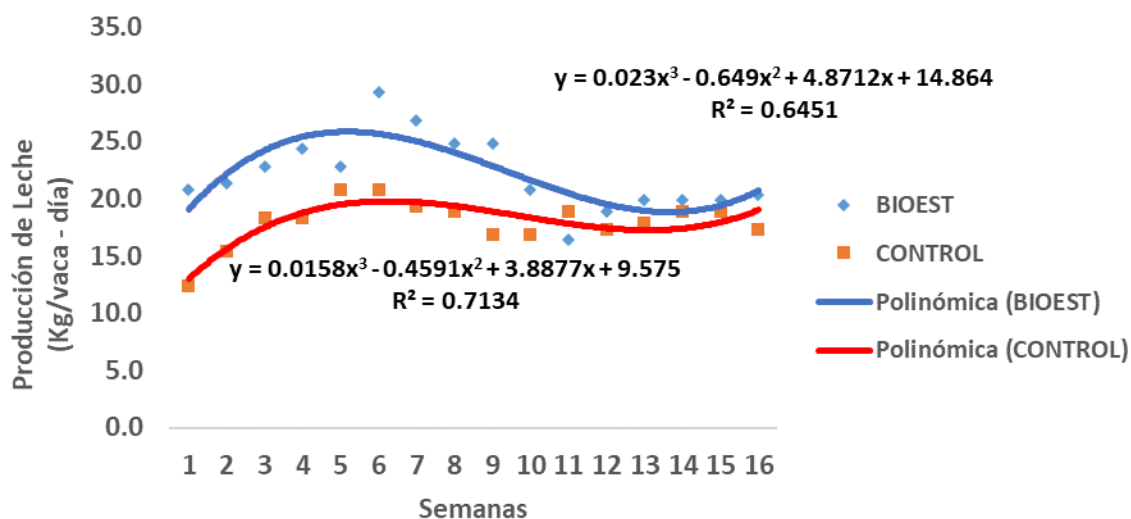
Cuadro XLVI. PRODUCCIÓN DE LECHE PROMEDIO AJUSTADA POR ENERGÍA Y NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

<i>N° Lactacional</i>	<i>Control (Kg)</i>	<i>Bioestimuladas (Kg)</i>	<i>Diferencia (Kg)</i>	<i>%</i>
1	17.97±3.4 ^a	22.13±4.86 ^a	+4.16	+23.14
2	24.00±6.06 ^a	26.30±4.42 ^a	+2.3	+9.58
3	21.92±4.47 ^a	20.43±4.80 ^a	-1.49	-6.80
4	21.73±5.93 ^a	22.61±12.08 ^a	+0.88	+4.05

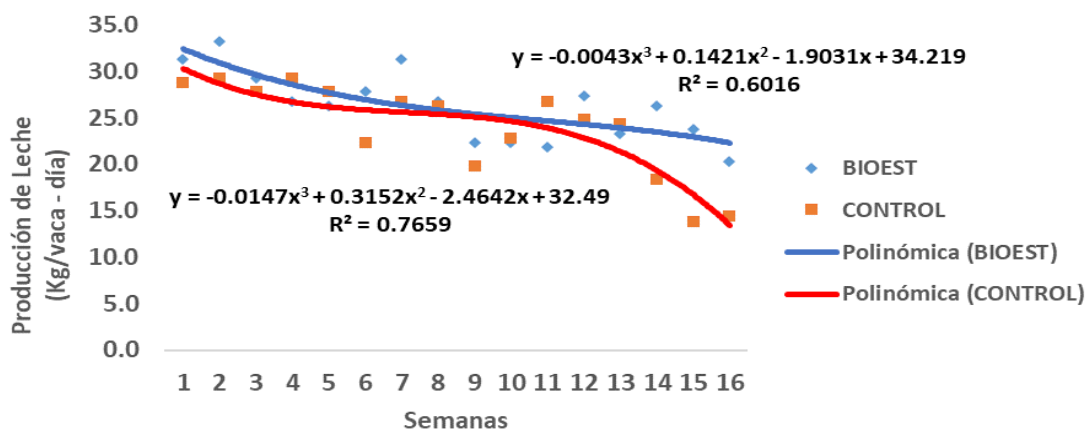
“Medias de la misma lactación con la misma letra a,a indica que no hubo diferencia significativa (P<.05)”

Las vacas más jóvenes fueron las más beneficiadas por la bioestimulación hematopoyética mineral y vitamínica, mostrando incrementos de +23.14% y +9.58% para la primera y segunda lactación.

Gráfica LIX. Tendencia de la producción de leche corregida por energía (PLe) en la primera lactancia

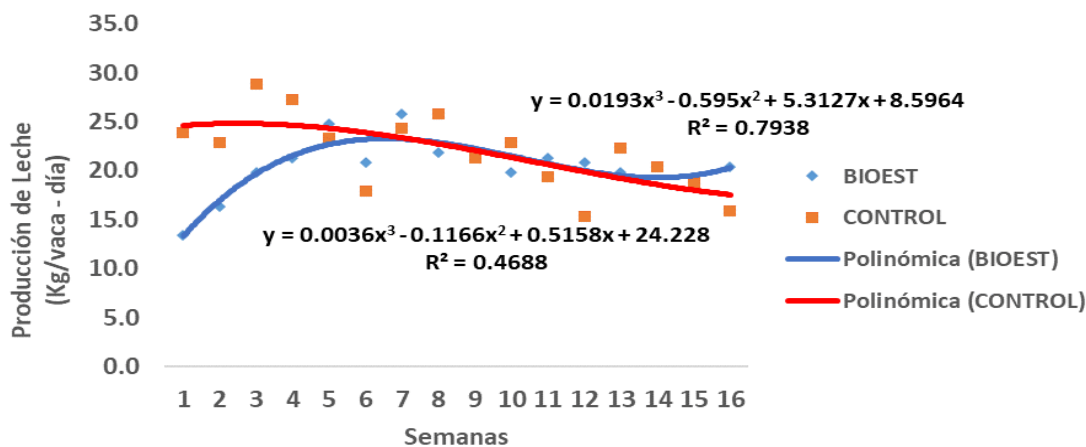


Gráfica LX. Tendencia de la producción de leche corregida por energía (PLE) en la segunda lactancia

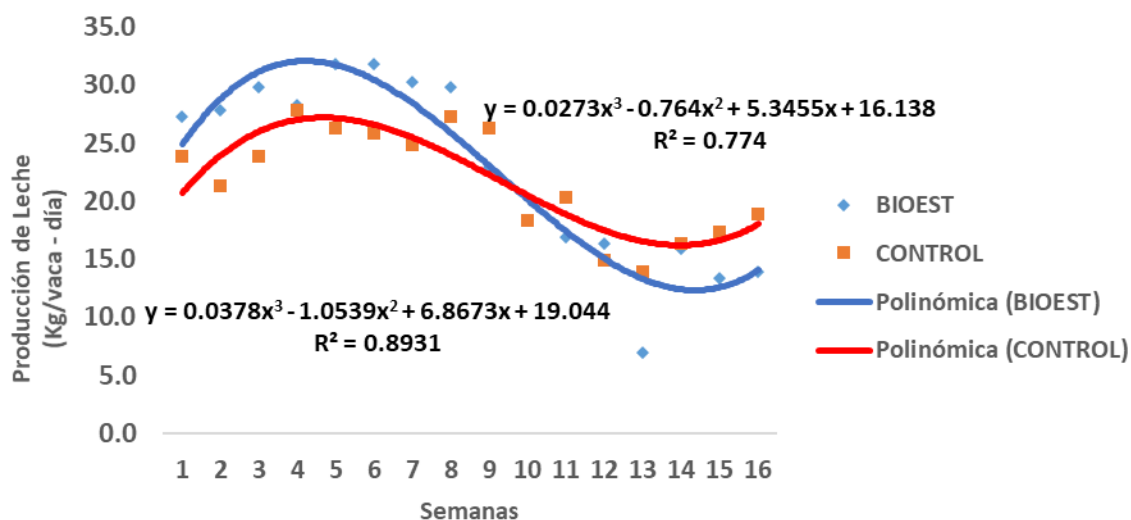


Cabe mencionar que, en la primera lactancia y la segunda, el grupo de animales tratados se mantiene siempre superior que el grupo control, viéndose notable la diferencia en la primera lactancia, otro dato importante es que en ambos graficos las R^2 se mantienen por encima de 0.5.

Gráfica LXI. Tendencia de la producción de leche corregida por energía (Ple) en la tercera lactancia



Gráfica LXII. Tendencia de la producción de leche corregida por energía (Ple) en la cuarta lactancia



En la cuarta lactancia se observa que durante las primeras 8 semanas el grupo tratado fue superior al control, esto resulta interesante, ya que durante las primeras semanas post parto es donde la vaca demanda la mayor cantidad de nutrientes (Sorensen 1982).

4.4. Composición láctea

4.4.1. Sólidos Totales

Es importante destacar que la bioestimulación (A) y el número lactacional (B) fueron diferentes ($P < 0.0001$). No obstante, el tiempo de estudio fue significativo al 3.1% ($P < 0.0318$), sin embargo, el cuadro XLVIII, mostró que la mayor diferencia estuvo en la bioestimulación.

Cuadro XLVII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA COMPOSICIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN LECHE (PST)

Cuadrado de					
Fuente	DF	Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
A	1	20.25000000	20.25000000	41.34	<.0001
B	3	15.64765625	5.21588542	10.65	<.0001
A*B	3	3.37343750	1.12447917	2.30	0.0809
C	15	13.75484375	0.91698958	1.87	0.0318
A*C	15	3.70750000	0.24716667	0.50	0.9345
B*C	45	27.80484375	0.61788542	1.26	0.1585
A*B*C	45	24.17906250	0.53731250	1.10	0.3379
Error	128	62.70000000	0.4898437		
Total correcto	255	171.4173437			

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	27	108.7173438	0.8560421	1.75	0.0009

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PST Media
0.634226	7.581088	0.699888	9.232031

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

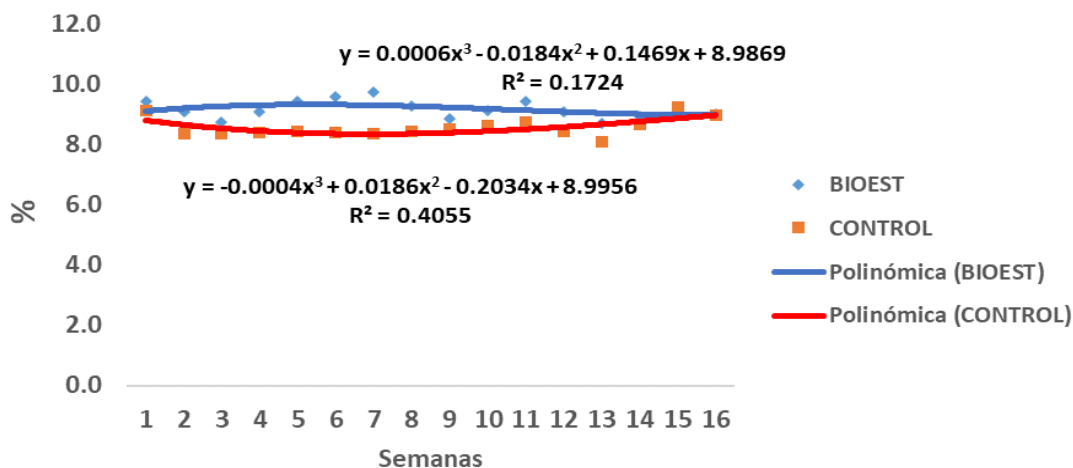
La bioestimulación hematopoyética obtuvo la mayor diferencia estadística en cuanto a la composición de sólidos totales, sin embargo, la tercera lactancia fue la mayor beneficiada seguido de la primera y segunda lactancia.

Cuadro XLVIII. COMPOSICIÓN DE SÓLIDOS TOTALES PROMEDIO AJUSTADOS POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

N° Lactacional	Control (%)	Bioestimuladas (%)	Diferencia (%)	%
1	8.58±0.37 ^a	9.18±0.31 ^a	+0.6	+7.00
2	9.21±0.16 ^a	9.62±0.31 ^a	+0.41	+4.4
3	8.65±1.87 ^a	9.57±0.39 ^a	+0.92	+10.6
4	9.35±0.25 ^a	9.66±0.38 ^a	+0.31	+3.3

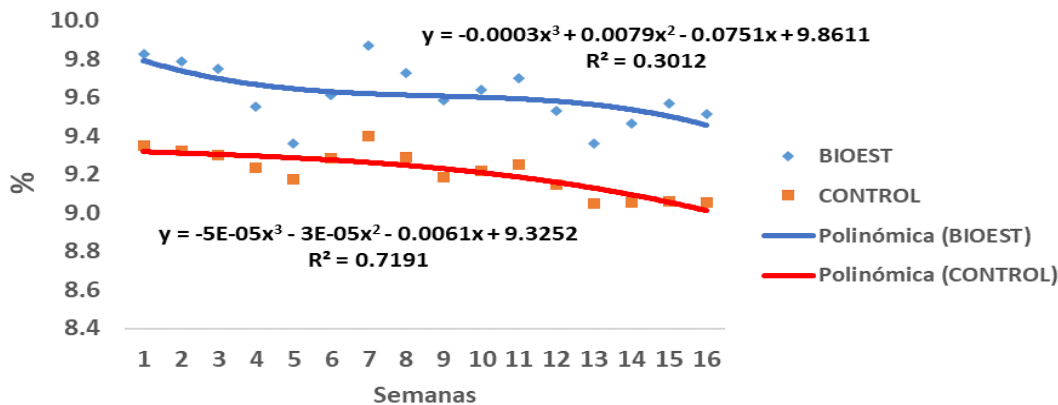
"Medias de la misma lactación con la misma letra a,a indica que no hubo diferencia significativa (P<.05)"

Gráfica LXIII. Tendencia de la producción de sólidos totales (PST) en la primera lactancia



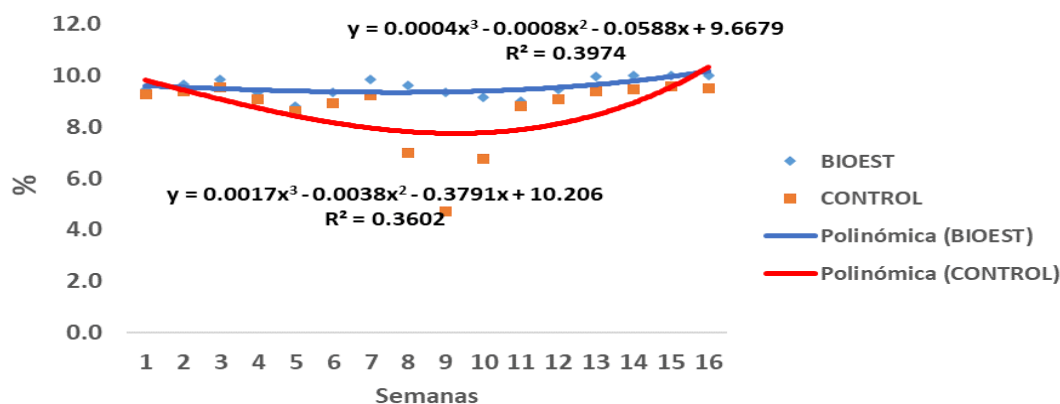
El cuadro XLIX, mostró incremento en la producción de sólidos totales, sostenida durante las 16 semanas de estudio, de +0.6% y +0.92%, lo cual representa, +7.0% y +10.6%, correspondiente a las vacas de primera y tercera lactancia respectivamente.

Gráfica LXIV. Tendencia de la producción de sólidos totales (PST) en la segunda lactancia

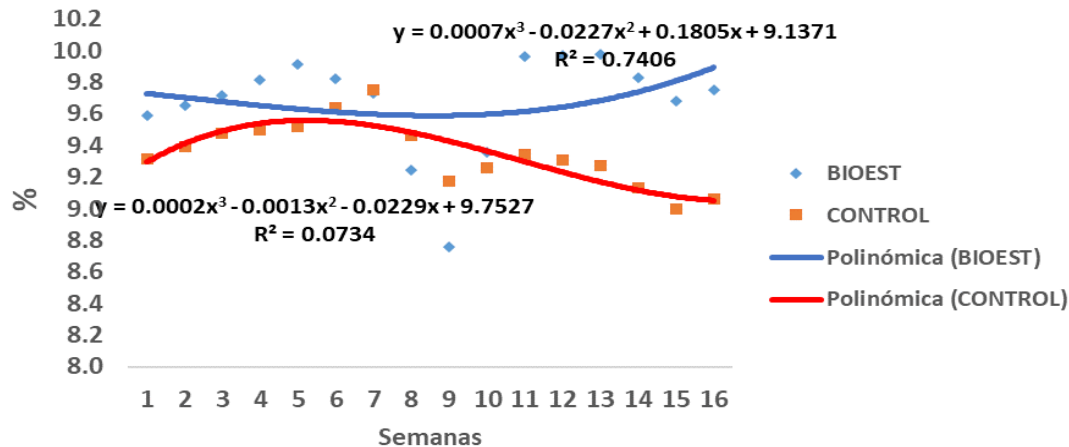


Cabe señalar que la tendencia de la composición de sólidos totales en las cuatro lactaciones mejoró para el grupo de bioestimulación en comparación del grupo control, como se detalla en los gráficos LXIV y LXV.

Gráfica LXV. Tendencia de la producción de sólidos totales (PST) en la tercera lactancia



Gráfica LXVI. Tendencia de la producción de sólidos totales (PST) en la cuarta lactancia



La producción de sólidos en la tercera lactancia fue bastante cercana entre el tratamiento y el control a partir de la semana 5 hasta la 7, sin embargo, el grupo bioestimulado a partir de el control y el grupo tratado tuvieron el mismo

comportamiento durante 7 semanas, lo cual representa porcentualmente un 43.75% del tiempo de medición.

4.4.2. Grasa Láctea

En la producción de grasa en leche se observó que la bioestimulación y el número lactacional fueron las dos variables de gran importancia, las cuales tienen diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), no obstante, el tiempo de estudio también fue significativo ($P < 0.0001$) y además la interacción número de parto – tiempo ($P < 0.0001$). Siguiendo el orden de significancia tenemos al grupo bioestimulado (A), como la variable que fue más diferente.

Cuadro XLIX. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA COMPOSICIÓN DE GRASA EN LECHE (Cgr)

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
A	1	1.99515625	1.99515625	102.56	<.0001
B	3	5.65218750	1.88406250	96.85	<.0001
A*B	3	0.34578125	0.11526042	5.93	0.0008
C	15	1.58937500	0.10595833	5.45	<.0001
A*C	15	0.33984375	0.02265625	1.16	0.3076
B*C	45	6.90781250	0.15350694	7.89	<.0001
A*B*C	45	0.79421875	0.01764931	0.91	0.6381
Error	128	2.49000000	0.01945312		
Total correcto	255	20.11437500			

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	17.62437500	0.13877461	7.13	<.0001
		R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Cgr Media
		0.876208	14.75432	0.139474	0.945313

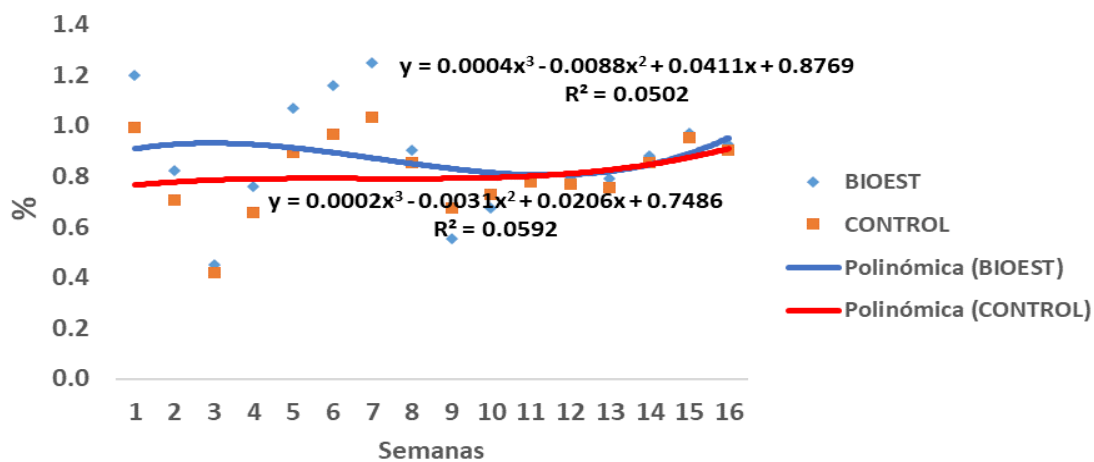
*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

Cuadro L. COMPOSICIÓN DE GRASA LÁCTEA PROMEDIO AJUSTADA POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

<i>N° Lactacional</i>	<i>Control (%)</i>	<i>Bioestimuladas (%)</i>	<i>Diferencia (%)</i>	<i>%</i>
1	0.80±0.20 ^a	0.88±0.26 ^a	+0.08	+10.0
2	0.69±0.26 ^a	0.95±0.22 ^a	+0.26	+37.68
3	0.85±0.19 ^a	0.98±0.19 ^a	+0.13	+15.3
4	1.07±0.12 ^a	1.31±0.26 ^a	+0.24	+22.4

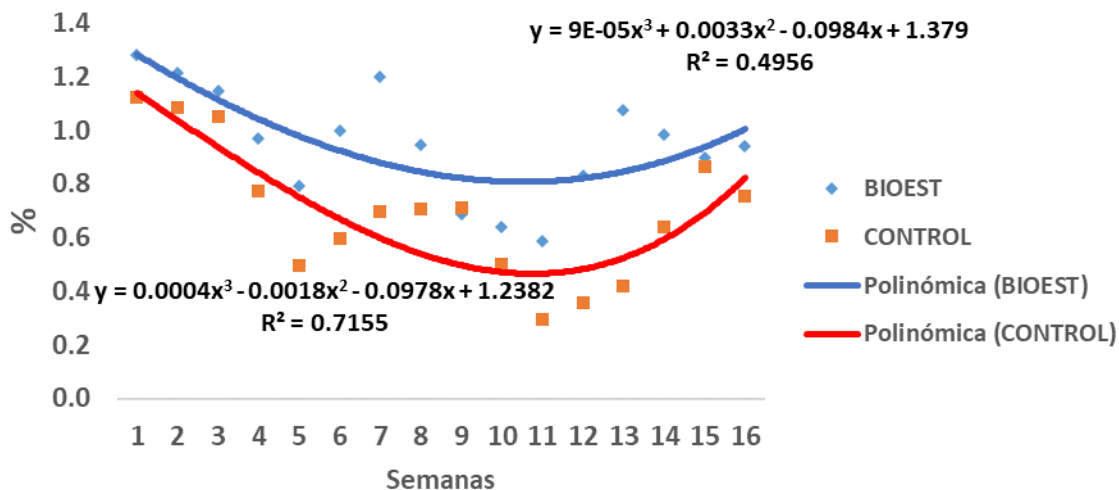
“Medias de la misma lactación con la misma letra a,a indica que no hubo diferencia significativa (P<.05)”

Gráfica LXVII. Tendencia de la composición de grasa en leche (Cgr) en la primera lactancia

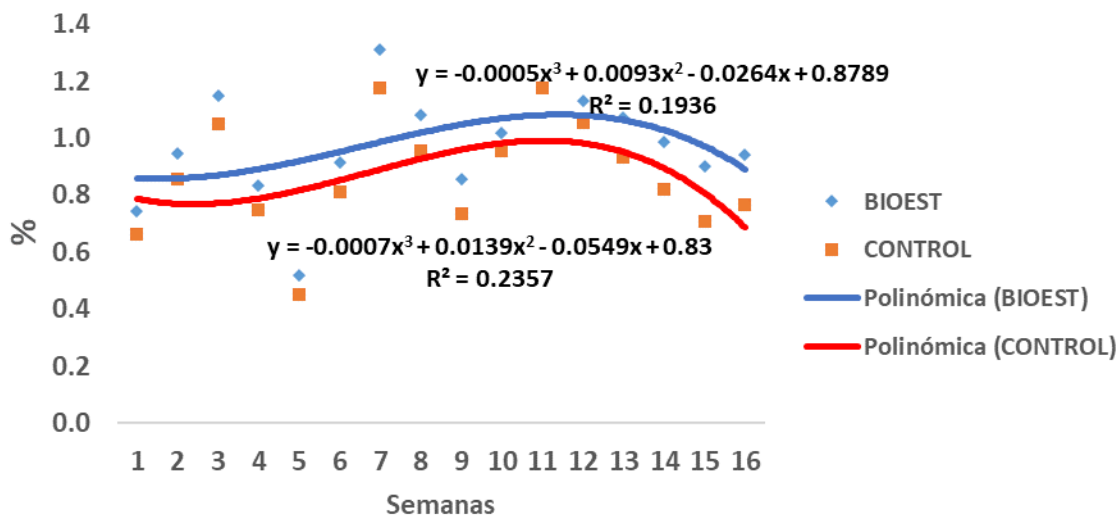


El cuadro LI, mostró incremento en la producción de grasa láctea, sostenida durante las 16 semanas de estudio, de +0.26% y +0.24%, lo cual representa, +37.68% y +22.4%, correspondiente a las vacas de segunda y cuarta lactancia respectivamente.

Gráfica LXVIII. Tendencia de la composición de grasa en leche (Cgr) en la segunda lactancia

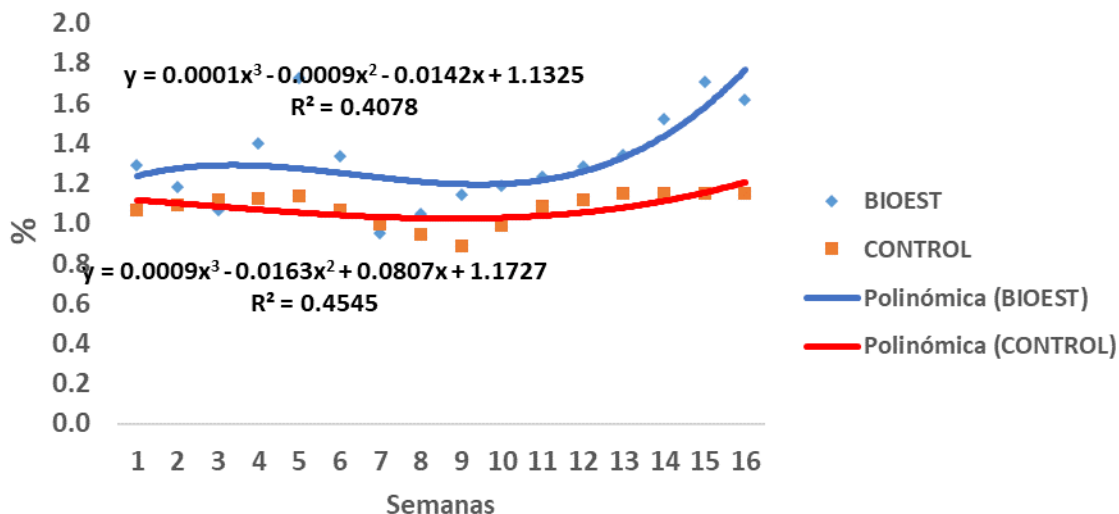


Gráfica LXIX. Tendencia de la composición de grasa en leche (Cgr) en la tercera lactancia



Cabe señalar que la bioestimulación se mostró superior al grupo control en la composición de grasa en leche en la segunda y tercera lactancia, durante la mayor parte del tiempo de estudio se mantuvo mayor que las vacas control.

Gráfica LXX. Tendencia de la composición de grasa en leche (Cgr) en la cuarta lactancia



Durante la cuarta lactancia el grupo control se mantuvo inferior durante las 16 semanas de estudio, comparación con el grupo bioestimulado. Tal como se muestra en el cuadro LI. La cuarta lactancia fue la segunda de mayor influencia sobre la bioestimulación.

4.4.3. Proteína Láctea

El comportamiento fue muy similar al de grasa en leche, se mantienen en el mismo orden de prioridad o significancia las tres variables principales A, B y C. todas fueron altamente significativas ($P < .0001$) mientras que la bioestimulación fue la que mayor diferencia generó (0.26265625), no obstante, la interacción A*B fue significativa al 3.0% ($P < .0304$).

Cuadro LI. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA COMPOSICIÓN DE PROTEÍNA EN LECHE (Cpr)

Cuadrado de					
Fuente	DF	Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
A	1	0.26265625	0.26265625	24.90	<.0001
B	3	0.52281250	0.17427083	16.52	<.0001
A*B	3	0.09703125	0.03234375	3.07	0.0304
C	15	1.31437500	0.08762500	8.31	<.0001
A*C	15	0.20484375	0.01365625	1.29	0.2146
B*C	45	0.98718750	0.02193750	2.08	0.0008
A*B*C	45	0.38046875	0.00845486	0.80	0.8006
Error	128	1.35000000	0.01054688		
Total correcto	255	5.11937500			

Suma de		Cuadrado de			
Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	3.76937500	0.02968012	2.81	<.0001
		R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Cpr Media
		0.736296	3.368873	0.102698	3.048438

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

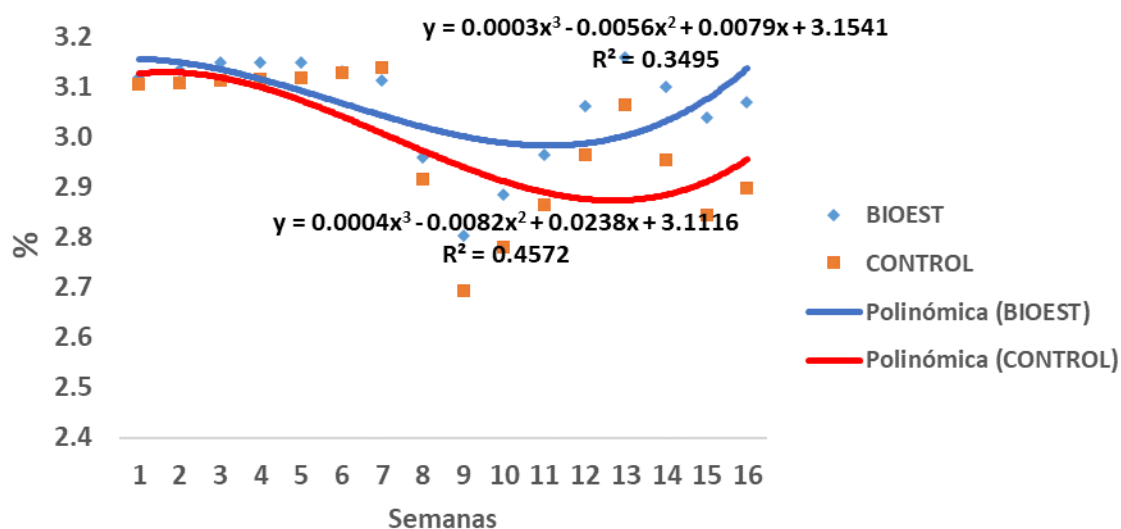
La bioestimulación hematopoyética jugó un papel fundamental en este análisis estadístico, obtenido la mayor diferencia en comparación con las otras variables que también fueron importantes, por ello el cuadro siguiente muestra el comportamiento de la bioestimulación y sus beneficios sobre cada etapa lactacional.

Cuadro LII. COMPOSICIÓN DE PROTEÍNA LÁCTEA PROMEDIO AJUSTADA POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

<i>N° Lactacional</i>	<i>Control (%)</i>	<i>Bioestimuladas (%)</i>	<i>Diferencia (%)</i>	<i>%</i>
1	2.99±0.16 ^a	3.05±0.11 ^a	+0.06	+2.0
2	3.07±0.06 ^a	3.17±0.06 ^a	+0.1	+3.25
3	3.02±0.13 ^a	3.02±0.18 ^a	0.0	0.0
4	2.97±0.11 ^a	3.06±0.15 ^a	+0.09	+3.03

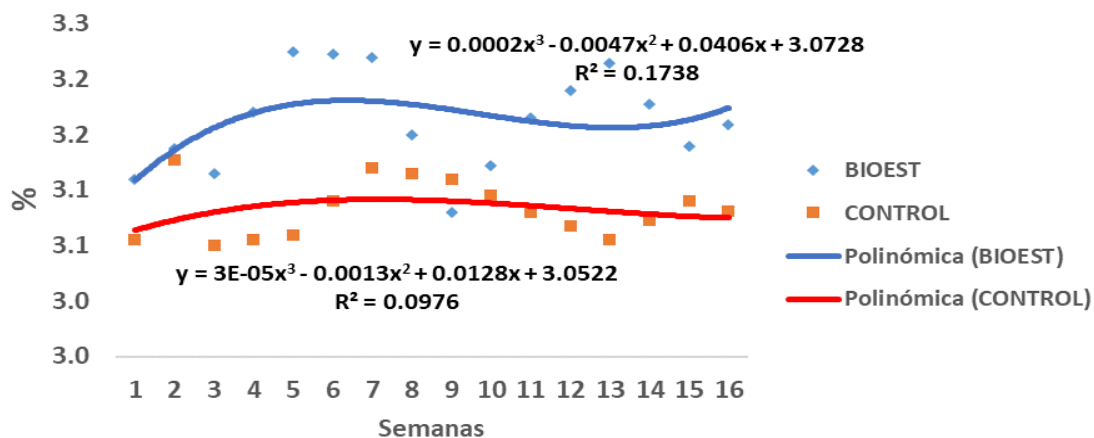
“Medias de la misma lactación con la misma letra a,a indica que no hubo diferencia significativa (P<.05)”

Gráfica LXXI. Tendencia de la composición de proteína en leche (Cgr) en la primera lactancia

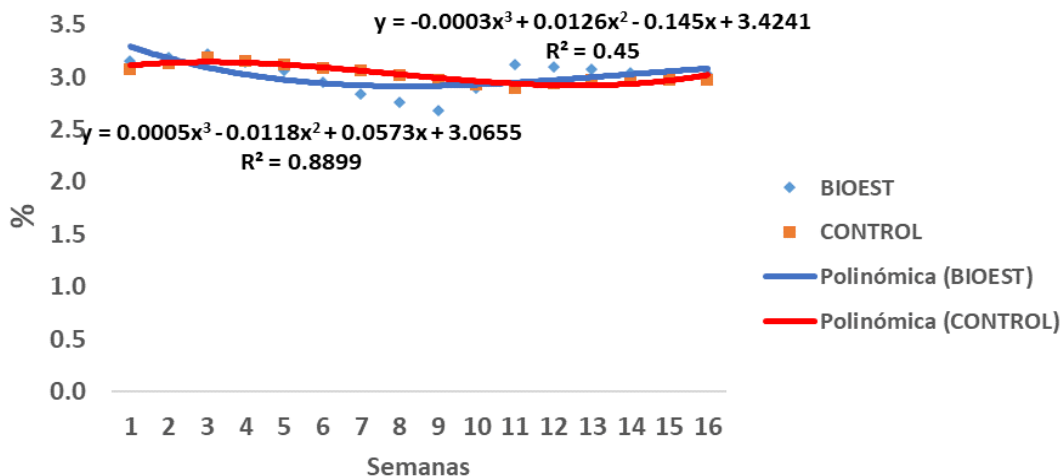


El cuadro LIII, mostró incremento en la producción de proteína láctea, sostenida durante las 16 semanas de estudio, de +0.1% y +0.09%, lo cual representa, +3.25% y +3.03%, correspondiente a las vacas de segunda y cuarta lactancia respectivamente.

Gráfica LXXII. Tendencia de la composición de proteína en leche (Cgr) en la segunda lactancia

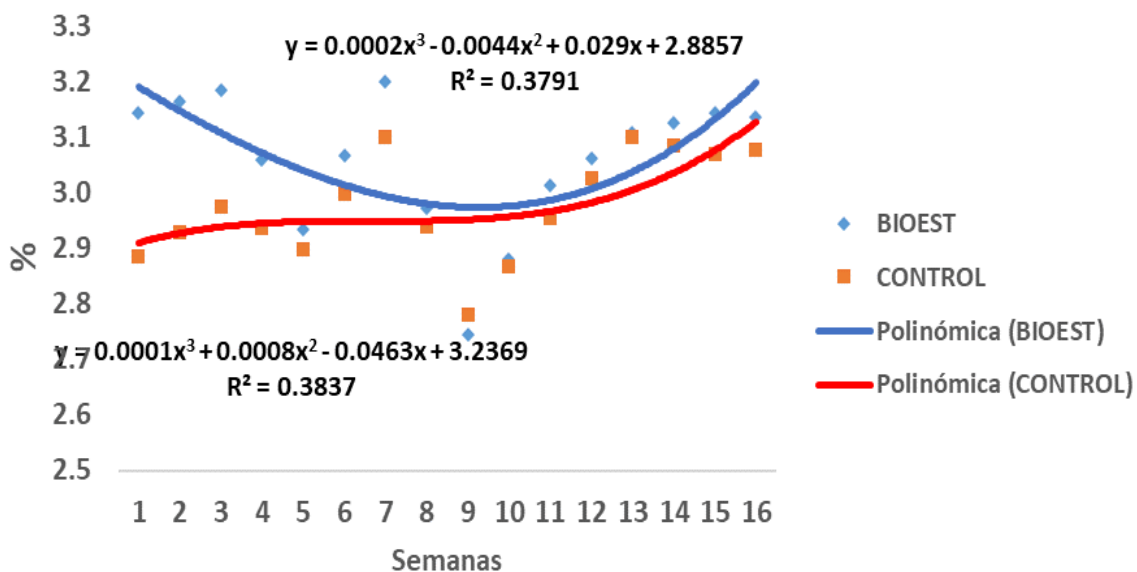


Gráfica LXXIII. Tendencia de la composición de proteína en leche (Cgr) en la tercera lactancia



La tercera lactancia mostró poca influencia del grupo bioestimulado sobre el control, ambos se mantienen muy cercanos durante las 16 semanas de muestreo, No obstante, la segunda lactancia se comporta de forma muy diferente, por lo tanto, las vacas de segunda lactancia fueron las más beneficiadas de la bioestimulación en cuanto composición de proteína láctea.

Gráfica LXXIV. Tendencia de la composición de proteína en leche (Cgr) en la cuarta lactancia



4.4.4. Lactosa

La bioestimulación nuevamente mostró diferencias altamente significativas ($P < .0001$), sin embargo, número de partos y el tiempo de estudio fueron significativos al 5.18% y 5.15% respectivamente, no obstante, la mayor importancia en la composición de lactosa en leche se le atribuye a la bioestimulación, por lo tanto, la composición de lactosa fue diferente entre el grupo bioestimulado y el testigo.

Cuadro LIII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA COMPOSICIÓN DE LACTOSA EN LECHE (Clac)

Cuadrado de					
Fuente	DF	Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
A	1	0.90250000	0.90250000	22.13	<.0001
B	3	0.32390625	0.10796875	2.65	0.0518
A*B	3	0.25906250	0.08635417	2.12	0.1012
C	15	1.06234375	0.07082292	1.74	0.0515
A*C	15	0.52250000	0.03483333	0.85	0.6162
B*C	45	2.69109375	0.05980208	1.47	0.0504
A*B*C	45	0.81593750	0.01813194	0.44	0.9988
Error	128	5.22000000	0.04078125		
Total correcto	255	11.79734375			

		Suma de	Cuadrado de		
Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	127	6.57734375	0.05179011	1.27	0.0892

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Clac Media
0.557528	4.623286	0.201944	4.367969

*A, Bioestimulación; *B, Número de lactancia; *C, Tiempo de muestreo.

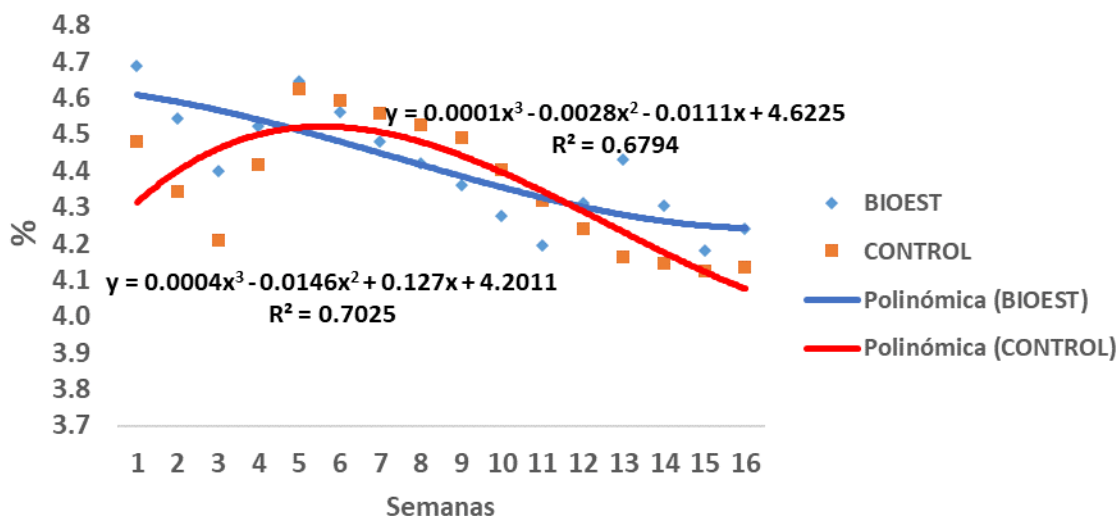
La bioestimulación hematopoyética fue muy importante en este análisis estadístico, obtenido diferencias altamente significativas en comparación con las otras variables que también fueron importantes, por ello el cuadro siguiente muestra el comportamiento de la bioestimulación y sus beneficios sobre cada etapa lactacional.

Cuadro LIV. COMPOSICIÓN DE LACTOSA PROMEDIO AJUSTADA POR EL NÚMERO LACTACIONAL EN VACAS HOLSTEIN CON BIOESTIMULACIÓN MINERAL-VITAMÍNICA Y CONTROL, EN LAS PRIMERAS 16 SEMANAS DE LACTACIÓN

<i>N° Lactacional</i>	<i>Control (%)</i>	<i>Bioestimuladas (%)</i>	<i>Diferencia (%)</i>	<i>%</i>
1	4.36±0.20 ^a	4.41±0.18 ^a	+0.05	+1.14
2	4.30±0.11 ^a	4.50±0.15 ^a	+0.2	+4.65
3	4.28±0.26 ^a	4.34±0.22 ^a	+0.06	+1.40
4	4.28±0.18 ^a	4.44±0.25 ^a	+0.16	+3.73

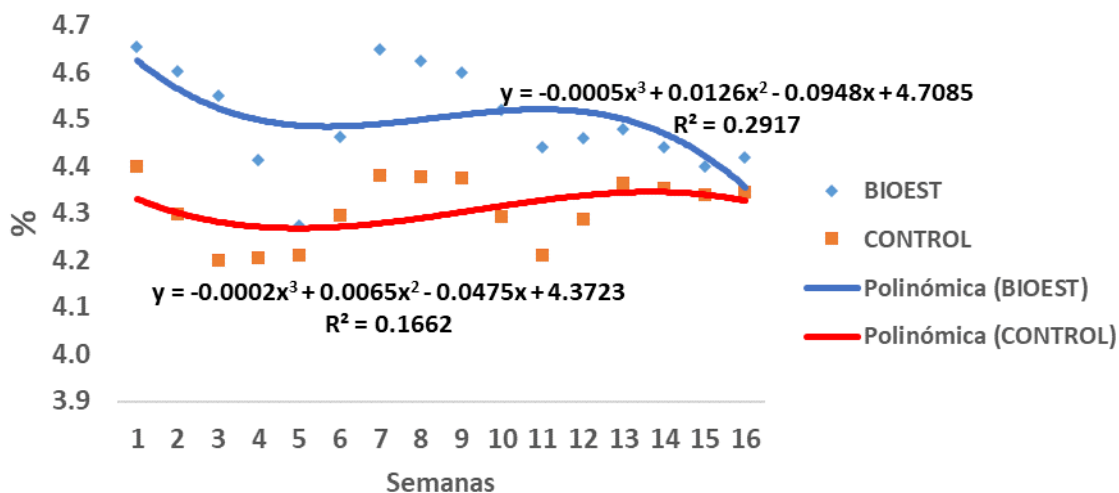
“Medias de la misma lactación con la misma letra a,a indica que no hubo diferencia significativa (P<.05)”

Gráfica LXXV. Tendencia de la composición de lactosa en leche (Clac) en la primera lactancia

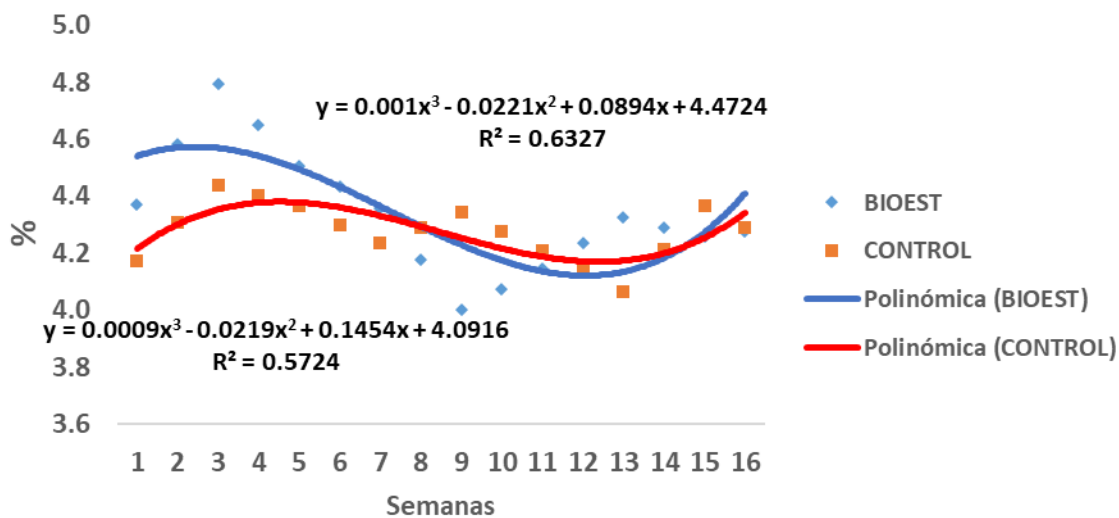


El cuadro LV, mostró incremento en la producción de lactosa, sostenida durante las 16 semanas de estudio, de +0.2% y +0.06%, lo cual representa, +4.65% y +3.73%, correspondiente a las vacas de segunda y cuarta lactancia respectivamente.

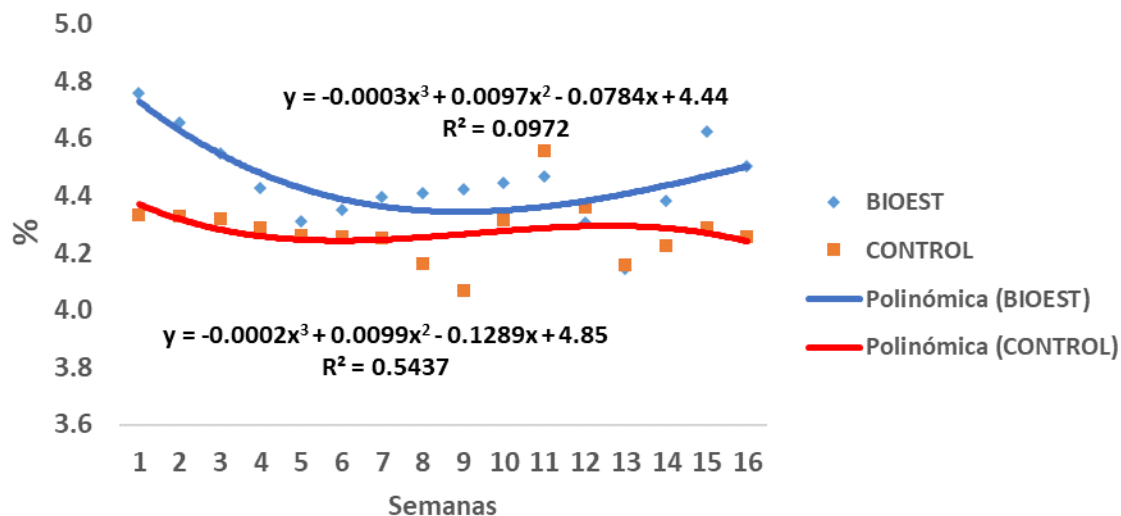
Gráfica LXXVI. Tendencia de la composición de lactosa en leche (Clac) en la segunda lactancia



Gráfica LXXVII. Tendencia de la composición de lactosa en leche (Clac) en la tercera lactancia



Gráfica LXXVIII. Tendencia de la composición de lactosa en leche (Clac) en la cuarta lactancia



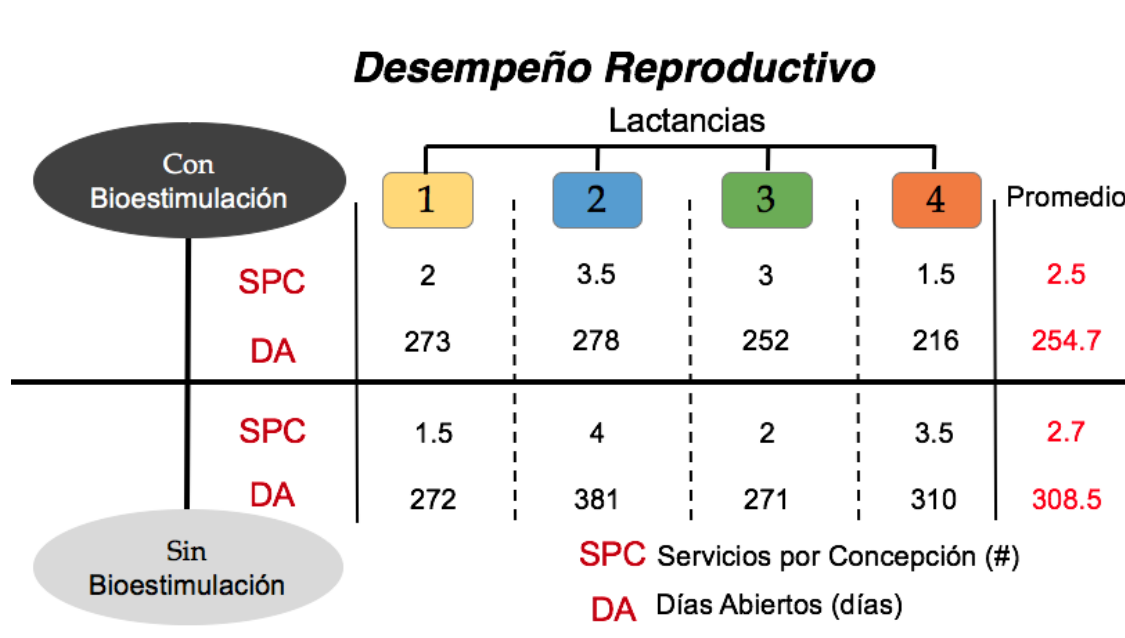
Cabe señalar que la mayor influencia de la bioestimulación se obtiene en la segunda lactancia en cuanto a composición de lactosa, ya que, los datos obtenidos mostraron mayor margen de diferencia entre el grupo bioestimulado en comparación al testigo.

4.5. Desempeño reproductivo en la fase post partal temprana.

Relacionando la actividad ovárica postparto, con la bioestimulación hematopoyética, tenemos que, el diferencial en días abiertos (DA) totales entre las vacas bioestimuladas y el grupo control, en la primera, segunda, tercera y cuarta lactancia son de +1, -103, -19 y -94 días respectivamente. Por lo tanto, las vacas de segunda lactancia fueron más precoces que el grupo control. No

obstante, en la primera lactancia, el periodo abierto total del grupo bioestimulado y el control fueron de 273 y 272 respectivamente. Ciertamente a ambos grupos se les respetaron los DA obligatorio de 45 días, sin embargo, los servicios por concepción promedio de ambos grupos fue mayor a 2.6 indistintamente de la lactancia que se encuentre.

Figura XII. Diagrama del desempeño reproductivo genérico



5. CONCLUSIONES

- ❖ La bioestimulación mineral (Fe, Cu, Co) y vitamínica (B₁, B₁₂), representó una función promotora del sistema hematopoyético; cuyo mayor beneficio se reportó en la primera y segunda lactación, sin embargo, no se evidenció en la tercera y cuarta lactación.
- ❖ La bioestimulación hematopoyética efectiva estuvo asociada con una mayor respuesta lactacional y un mayor rendimiento de sólidos totales, grasa láctea, proteína y lactosa; especialmente en el primer tercio de la fase de producción correspondiente a la primera y segunda lactancia.
- ❖ La bioestimulación hematopoyética mineral y vitamínica no influyó sobre los índices básicos relacionados al desempeño reproductivo temprano post parto.
- ❖ El mejoramiento del perfil hematopoyético permitió un mayor desempeño lactacional en vacas con menor historial de producción, por ende, el beneficio de la vectorización de gases y principalmente la oxigenación fue asociada con un mayor desempeño en la síntesis y secreción láctea en términos de producción y contenido de sólidos lácteos.

6. RECOMENDACIONES

- ✍ Aplicarle suplemento mineral con Fe, Cu, Co y vitaminas (B₁, B₁₂) a las vacas de primer y segundo parto para potenciar la hematopoyesis y facilitar un mayor desempeño lactacional en producción y composición.

- ✍ Utilizar la suplementación mineral parenteral con énfasis en Fe, Cu y Co más vitaminas B₁ y B₁₂ durante la etapa temprana de la lactación para apoyar la recuperación del perfil hematopoyético; facilitando el incremento en el conteo de eritrocitos, el contenido de hemoglobina corpuscular media y restaurar el contenido de leucocitos; lo cual es crucial en términos metabólicos y de la salud para las vacas lecheras después del parto.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abdelrahman, M. M, Kincaid, R. L. and Elzubeir, E. A.,. 2010.** Mineral Nutrition of Livestock, 4th Edition. In Mineral deficiencies in grazing dairy cattle in Kordofan and Darfur regions in Western Sudan.
- Andresen, H. 2001.** La vaca en transición. *Www.Perulactea.Com*, 1–10. Retrieved from <http://handresen.perulactea.com/manual-de-ganaderia-lechera/>
- Araúz E. E. 2005.** Indicadores zootecnimétricos de la producción lechera en Panamá. Producción Bovina de Leche, Departamento de Zootecnia, FCA, Universidad de Panamá.
- Araúz E. E. 2006.** Impacto del estrés calórico sobre la producción de leche y el desempeño reproductivo de la vaca lechera en lactación en el trópico y sus implicaciones productivas en Panamá.
- Araúz E. E. 2007.** Situación del Perfil de alimentación y nutrición para las vacas en producción en Hacienda Buena Vista; deficiencia y enmienda en el programa de alimentación lactacional. Informe Técnico Especializado.
- Araúz E. E. 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 www.engormix.com › Lechería › Artículos técnicos › Genética – Reproducción.

Araúz E. E. 2011. El estrés calórico ambiental y sus efectos negativos sobre la fisiología, metabolismo, reproducción y eficiencia de la producción lechera en el ganado bovino. Mon. Consultado 5 julio 2019. Disponible en: Biblioteca Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí. UP

Araúz E. E. 2014. Medidas del manejo integral durante la gestación, el parto y parto en la novilla tipo leche para su bienestar y desarrollo corporal ideal en el trópico. En Línea. Consultado 22 febrero 2019. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/articulos/medidas-manejo-integral-durante-t6522/p0.htm>

Araúz E. E. 2018. Metabolismo lactacional y el efecto del número lactacional. Material Didáctico, Asignatura de Producción bovina de leche. Biblioteca Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí. UP.

Araúz E. E.; Fuentes Y. A.; Méndez N. 2010. Alteración diurna de la carga calórica corporal e interrelación de la temperatura rectal y láctea en vacas cruzadas ($6/8$ *Bos Taurus* x $2/8$ *Bos indicus*), pardo suizo y holstein bajo estrés calórico diurno durante la época seca en el clima tropical húmedo. Consultado 5 julio 2019. Disponible en: Biblioteca Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí. UP.

Araúz, E. E. 2009. Principales registros biológicos para evaluar la capacidad funcional de la vaca lechera y su importancia para mejorar el manejo y la

eficiencia en la producción lechera. www.engormix.com › Lechería › Artículos técnicos › Manejo.

Araúz, E. E. 2019. Sectores críticos en el ciclo de vida de la hembra bovina tipo leche; cuidados biotécnicos y manejo para el buen desarrollo, salud, bienestar y productividad. En Línea. Consultado 12 agosto 2019. Disponible en: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/sectores-criticos-ciclo-vida-t43426.htm>

Bach, A. 2006. Modificaciones de la fermentación ruminal y sus repercusiones sobre la patología de la producción y la calidad de la leche. Retrieved from <http://www.revistafrisona.com/Portals/0/articulos/n155/A15501.pdf?ver=2013-04-03-151122-857>

Bartolomé, J. A. 2009. Endocrinología y Fisiología de la Gestación y el Parto en Bovinos. s.e. Consultado 15 ene. 2017. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_parto/05-parto_fisio.pdf (sitio Argentino de producción animal.)

Breede, D.K., 1992. The DCAD concept; transition rations for dry pregnant dairy cows, *Feedstuffs*, 64 (53); 12.

Bretschneider, G; Salado, E; Cuatrin, A; Arias, D. 2015. Lactancia: Pico y Persistencia. s.e. Consultado 26 jun. 2017. Disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_lactancia_pico_y_persistencia_febrero_2015.pdf (INTA.gob.ar).

- Bustamante S. 2001.** Efecto de macro y micro minerales en la actividad ovárica y su desempeño reproductivo en vacas cebuinas anéstricas, durante la época seca. Chiriquí, Panamá. (Tesis), Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Butler, W. R., & Smith, R. D. 1989.** Interrelationships Between Energy Balance and Postpartum Reproductive Function in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 72(3), 767–783. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79169-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79169-4)
- Campabadal, C. y Navarro, H. 1998.** Alimentación de la vaca en el periodo de transición. *Boletines Asociación Americana de la Soya*. AN. N° 154. México. P. 16.
- Cañas A, Jhon J; Restrepo B, Luis F; Ochoa S, Jorge; Echeverri, Alex; Cerón-Muñoz, M. 2009.** Estimación de las curvas de lactancia en ganado Holstein y BON x Holstein en trópico alto colombiano. *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 6, núm. 1, pp. 35-42
- Carrillo, D; Lenis, Y; Rodríguez, N. 2014.** Conceptos básicos de desarrollo embrionario en la vaca. s.e. Consultado 22 ene. 2017. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/263389285_Conceptos_basicos_de_desarrollo_embionario_en_la_vaca (Researchgate.net).
- Cole H. H. & Cupps P. T. 1993.** Reproducción de los animales domésticos 3^{ra} ed. Ed. ACRIBIA S.A. Zaragoza, España.

- Contreras A. J. 2009.** Enfermedades de los bovinos IV: Virales, bacterianas, rickettsiales, protozoales y metabólicas. s.e. Barquisimeto, Estado Lara, Venezuela. pp. 2-3.
- Corbellini, C. N. 2000.** Influencia de la nutrición en las enfermedades de la producción de las vacas lecheras en transición. In XXI Congreso Mundial de Buiatría, Punta Del Este, Uruguay, 689, 16.
- Cunningham, J. Klein, B. 2009.** Fisiología Veterinaria. 4 ed. Barcelona, España, s.e., Cap. XXXVIII; p. 492 - 498.
- Daniel, A. 2011.** Anatomía de la glándula mamaria (pp tshare). s.e. Consultado 28 mar. 2017. Disponible en <https://es.slideshare.net/ANALISIS/anatomia-de-la-glandula-mamaria-pp-tshare> (Es.slideshare.net).
- De Armas, R. 2011.** Material Didáctico, Asignatura de Reprod. Anim. (ZOO 325). Biblioteca Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí. UP.
- De Armas, R. 2013.** Manual de Palpación Reproductiva en la Hembra Bovina, Biblioteca Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí. UP.
- De Luca, L. 2006.** La vaca seca, importancia del período de transición en la salud post-parto de las vacas de alta producción. Sitio Argentino de Producción Animal, 1–10.
- DeGaris P, Lean I, Rabiee A, Heuer C. 2008.** Effects of increasing days of exposure to pre-partum transition diets on milk production and milk composition in dairy cows. Aust. Vet. J. 86:341-351

- Díaz P. E. 2001.** Efectos de la alimentación en la producción de leche - Monografias.com. s.e. Consultado 28 mar. 2017. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos85/efectos-alimentacion-produccion-leche/efectos-alimentacion-produccion-leche.shtml> (Monografias.com).
- Drazan, J. 1982.** Biología de la Reproducción. 2 ed. Checoslovaquia, s.e., Cap. XIII - XVI; p. 138 - 221.
- Duby T. R. and R. W. Prange. 2002.** Physiology and endocrinology of the estrous cycle. Dairy Integrated Reproductive Management. University of Massachusetts, USA.
- Duncan, J.R. et al. 1986.** Veterinary laboratory medicine. Ed 2, Ames Iowa State University Press.
- Durán R. F.; Roldán J. C.; Durán J. N. 2005.** Vademécum Veterinario, 20 ed, Bogotá: Grupo Latino Educativo.
- Edmondson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farve, T. and Webster, G. 1989.** A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. En: J. Dairy Science 72:68 – 78.
- Fallis, A. 2013.** Rumiantes de Leche..Necesidades. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fernández, G. 2014.** El Periodo de Transición en la Vaca Lechera. s.e. Consultado 20 feb. 19. Disponible en: <http://www.actualidadganadera.com/articulos/el-periodo-de-transicion-en-la-vaca-lechera.html>

- Fraser, C. M., J. A. Bergeron y S. E. Aiello., 1993.** Constantes fisiológicas de circulación, respiración y termología animal. En: El Manual Merck de Veterinaria. MSD, USA.
- Gill J. 1978.** Experimental designs in the animal medical sciences. Iowa State University Press, Ames Iowa, USA.
- Glauber, C. 2007.** FISIOLÓGÍA DE LA LACTACIÓN EN LA VACA LECHERA. s.e. Consultado 28 mar. 2017. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/131-fisiologia.pdf (produccion-animal.com.ar).
- Góngora, A; Grajales, H; Hernández, A. 2002.** Aspectos Morfofisiológicos y Endocrinos Durante la Implantación Embrionaria en Rumiantes. s.e. Consultado 22 ene. 2017. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/29480/1/27932-98956-1-PB.pdf> (bdigital.unal.edu.co).
- Google Maps. 2019.** Tierras altas, Bijao, vía Volcán provincia de Chiriquí, Panamá. Consultado el: 4 jul. 2019. Disponible en: <http://www.google.com/maps> (google maps).
- Granja Salcedo, Y., Ribeiro Junior, C., Toro Gomez, D., & Rivera Calderon, L. 2012.** Acidosis ruminal en bovinos lecheros: implicaciones sobre la producción y la salud animal -Ruminal acidosis in dairy cattle: implications for animal health and production. RedVet, 13(4), 11. Retrieved from

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Hafez, E. 1986. Patrón Reproductivo de la vaca y su manejo oportuno. Reproducción de los animales de finca. Editorial McGraw-Hill, México.

Hafez, E. Hafez, B. 2000. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 7 ed. Kiawah Island, South Carolina, USA., E.S.E. Hafez & B. Hafez, Cap. VIII - X; p. 113 - 159.

Hafez, E.S.E. 1996. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales 6 Ed.. Editorial interamericana, Mc Graw-Hill, México, DF, México.

Hans Andresen, S. 2001. Vacas secas Y en transición. Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru, 12(2), 36–48.

Hernández R. & Días T., 2013. El uso en la dieta de ácidos grasos esenciales (omega 3 y 6) y la respuesta productiva y reproductiva de rumiantes s.e. Consultado el 27 abr. 2017. Venezuela, ciudad de Mérida. (www.nutriservi.com.pa)

Hernández R. 2012. Lactación. Síntesis y secreción de la leche. Monografía. La Habana. s.e. Consultado 20 feb. 2019. Disponible: www.monografias.com/trabajos34/lactacion/lactacion.shtml

Hernández, J. 2002. El Fósforo en la Vaca Lechera. s.e. Consultado 25 mar. 2017. Disponible en <http://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/el-fosforo-en-la-vaca-lechera-t26061.htm> (Engormix).

- Herrera, H. J. y Barreras, S.A. 2000.** Manual de procedimientos: análisis estadístico de experimentos pecuarios. Montesillo, Texcoco, estado de México, México.
- Holy, L. 1987.** Biología de la Reproducción Bovina. Ed. Científico – Técnica. La Habana, Cuba. P 332.
- Hurley, W. L. 2000.** Lactation biology. University Press, University of Illinois. Urbana – Champaign.
- Hurley, W. L., & Doane, R. M. 1989.** Recent Developments in the Roles of Vitamins and Minerals in Reproduction. *Journal of Dairy Science*, 72(3), 784–804. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79170-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79170-0)
- Imagawa, W.; Yang, J.; Guzman, R. Y Nandy, S. 1994.** Control of mammary gland development. Ch. 56 in *The Physiology of Lactation*, 2nd edition, Eds. Knobil, K, Neill, J., et al., Raven Press, NY, p. 1033.
- Jensen, R.G. 1995.** Handbook of milk composition. Academic Press, San Diego.
- Kolb, E. 1971.** Fisiología Veterinaria, 1 ed. Vol. 1 España, Zaragoza. Pag. 121 – 187.
- Kolb, E. 1979.** Fisiología Veterinaria, 2 ed. Vol. 1 España, Zaragoza. Pag. 420 – 504.
- Larson, B. 1985.** The mammary gland and Nutritional Functions. En: Lactation. Edited by B. Larson, Iowa State University Presses, Ames, Iowa, USA.

- Lucy, M. C. 2003.** Mechanisms linking nutrition and reproduction in post partum dairy cows. Reproductive Supplement 61:415-427.
- Luna, M; Roldan, V. 2013.** Perfil mineral en bovinos lecheros de Santa Fe, Argentina. s.e. Consultado 18 abr. 2017. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-68402013000100010 (Scielo.org.ar).
- Maiztegui, J. 2009.** Manejo nutricional de vacas secas y prevención de hipocalcemia con balance catión-anión. Facultad de Ciencias Veterinarias, 25, 1–7.
- Marshall, R.; Edmondson, J. 2005.** Department of Food Science and Nutrition. Venezuela. P. 103-184.
- Martínez, A. L. 2010.** Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. s.e. Consultado 20 abr. 2019. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080810/081004.pdf>.
- Martínez, L. 2009.** Fisiología de la Reproducción Bovina: Desde la Monta Hasta la Implantación Embrionaria. Licenciatura. s.l., Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Martínez, L. A. 2006.** Alimentación y reproducción en vacas lecheras. s.e. Consultado 12 feb. 2019. Disponible: www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/alimentacion-reproduccion-vacas-lecheras-t26708.htm

- McDonald, L. 1991.** Endocrinología Veterinaria y Reproducción Animal. 4ªed.
Ed. Interamericana- McGraw Hill, México, D.F.
- McDonald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F. D. 1979.** Nutrición Animal.
3ªed. Ed. Acribia- Zaragoza, España.
- McDonald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F. D. 2010.** Nutrición Animal.
4ªed. Ed. Acribia- Zaragoza, España.
- McDowell, R. 1981.** Effect of Environment on Nutrient Requirements of
Domestic Animals. National Research Council, Academy of Sciences. WA,
USA.
- Miller W. J. 1989.** Nutrición y Alimentación del Ganado Vacuno Lechero. 1ªed.
Ed. ACRIBIA S.A. Zaragoza, España.
- Mohar, F. 1992.** Bioquímica Animal. Ediciones ENPES, La Habana.
- Morrow, D. 1983.** Physiology and control of parturition in dairy cattle. En:
Theriogenology Sander Bros Company, New York, USA.
- Nebel, R. 2011.** Anatomía y fisiología de la reproducción bovina. s.e.
Consultado 29 ene. 2017. Disponible en
http://www.selectsires.com/dairy/spanresources/reproductive_anatomy_spanish.pdf?version=20161206 (Selectsires.com).
- Nomenclatura D-L. n.d.** In wikipedia.org. Retrieved from
https://es.wikipedia.org/wiki/Nomenclatura_D-L

- Noro M, Barboza CS. 2012.** Cetosis en rebaños lecheros: presentación y control. *Spei Domus*. 8(17): 48-58.
- NRC, 1989.** Nutrient Requirement of Dairy Cattle. National Academic of Sciences, WA, USA.
- NRC, 2001.** Nutrient Requirement of Dairy Cattle. National Academic of Sciences, WA, USA. Washington State University, Pulman, Washington, USA. Pag. 138 – 231.
- Pechin, G. 1999.** EL ZINC EN LA NUTRICIÓN DE LOS RUMIANTES. s.e. Consultado 26 mar. 2017. Disponible en <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/revet/n01a06pechin.pdf> (biblioteca.unlpam.edu.ar).
- Pedroso, R; Roller, F. 2009.** Efectos de las deficiencias de cobre en la reproducción y eficacia de las nuevas biotecnologías del ganado bovino en cuba. Reseña. s.e. Consultado 26 mar. 2017. Disponible en <http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20CIMAGT/Rev.Vol.3%20No.3%202009/Vol.3-No.%203-09Pedroso.pdf> (actaf.co.cu).
- Pfizer., 1998.** Hemograma y química sanguínea normal de los principales animales domésticos. s.e. Consultado 28 sept. 2019. pp. 5.
- Ponce, P. y Bell, L 1984.** Estudio de la lactancia del cruce 5/8 H – 3/8 C cubano. I Componentes mayores de la leche. Proteína, grasa, lactosa. *Rev. Salud Anim.* 6(1):85-94.

Popesko P. 1998. Atlas de anatomía topográfica de los animales domésticos. 2 ed. Barcelona, España, s.e., Tomo I, II y III, p. 25 – 579.

Pronóstico del tiempo para cuesta piedra, provincia de chiriquí de wheather.com. n.d. Retrieved July 5, 2019, from <https://weather.com/es-PA/tiempo/mensual/l/72524b85f0130d3b5c215125560cbc173817e146d90af1718c4534b5376792cd91b583ffdfab0c4af10b706c6ebd16fc>

Quintela, L; Becerra, J; Rey, C; Díaz, C; Cainzos, J; Rivas, F; Huancas, W; Prieto, A; Herradón, P. 2011. Perfil Metabólico preparto, parto y postparto en vacas de la raza rubia gallega: estudio preliminar. s.e. Consultado 27 jun. 2017. Disponible en https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2013/05/quintela_perfil_metabol_rubia-galega.pdf (www.ufrgs.br).

Redondo, P. & Gonzalo, R. 2001. El parto en la vaca. s.e. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en http://lan.inea.org:8010/web/zootecnia/Zootecnia/Parto_vaca.htm (Lan.inea.org).

Registros de Farmacéuticos - Panamá Datos Abiertos. n.d.. Retrieved August 9, 2019, from <https://www.datosabiertos.gob.pa/dataset/9ae7a845-b7b6-4e52-bc8c-8e2e56890a9a/resource/5cf32990-5074-4103-955d-4e78dafcaa2b/download/productos-veterinarios-registrados.xlsx>

Rivera, J. Quintal, J. 2001. Selección y manejo reproductivo de la hembra bovina productora de carne y doble propósito en pastoreo. s.e. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en http://utep.inifap.gob.mx/pdf_s/MANUAL%20MANEJO%20REPRODUCTIVO.pdf (utep.inifap.gob.mx).

Rivera, M. 2008. Manual de Reproducción Bovina: EMBRIOLOGIA. s.e. Consultado 22 ene. 2017. Disponible en http://reproduccionbovinamrg.blogspot.com/p/embriologia_5.html (Reproduccionbovinamrg.blogspot.com).

Samudio A. 2001. Niveles de minerales en Pastos de Panamá y Algunas consideraciones sobre la Nutrición Animal. 1 ed. Panamá. Cap. 2; p. 21 – 44.

Samudio A. 2016^a. Material Didáctico, Asignatura de Princ. De Digest. Anim. (LCPA 305). Biblioteca Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí. UP.

Samudio A. 2016^b. Minerales en Pastos de Panamá y Métodos para Calcular Mezclas para Suplementación. 1 ed. Panamá. Cap. 5.3; p. 61 – 73.

Schalm, O. W. 1964. Hematología veterinaria. 1 ed. México D.F. pag. 146 – 161.

Schmidt G. H. 1970. Biología de la Lactación. 1. ed. Edit. Acribia, Zaragoza, España. Cap. 4.5 p. 79.

SCOTT, P. R.; PENNY, C.D.; MACRAE, 2011. A.I. cattle medicine. UK: Manson Publishing Ltd/The Veterinary Press, v1, p.59-114.

Sepúlveda V. P. 2017. Período de transición: Importancia en la salud y bienestar de vacas lecheras s.e. Consultado 12 feb. 2017. Disponible: www.consorcirolechero.cl/industria-lactea/wp-content/uploads/2017/11/periodo-de-transicion.pdf

Sorensen. Jr., A. 1982. Reproducción Animal; Principios & Prácticas. 1 ed. México, D. F., Ramón Elizondo Mata, Cap. XIV - XV; p. 387-482.

Squires E., J. 2003. Applied Animal Endocrinology. 1 ed. USA, s.e., Cap. 4; p. 126.

Statistical analysis system (SAS), 2002. General lineal models and the analysis of variance- covariance. North caroline, Raleigh, NC, USA.

Swanson, L. V. 1989. Interactions of Nutrition and Reproduction. Journal of Dairy Science, 72(3), 805–814. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79171-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79171-2)

Tucker, W.B.; Hogue, J.F.; Adams, G.D.; Aslam, M.; Shin, I.S.; Morgan, G., 1992. Influence of dietary cation-anion balance during the dry period on the occurrence of parturient paresis in cow fed excess calcium. J Animal Sci., 70: 1238.

UNDERWOOD, E.J. & Suttle N. F. 2003 - The mineral nutrition of livestock. Third Edition. CAB, London.

- UNDERWOOD, E.J. 1981** - The mineral nutrition of livestock. Second Edition. CAB, London.
- Urroz C. 1991.** Anatomía y Fisiología Animal. 1 ed. Costa Rica, San José. Cap. 4.1; p. 241.
- Valle, M. J. 2013.** Balance energético negativo en la vaca de alta producción. s.e. Consultado 12 feb. 2017. Disponible: www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/balance-energetico-negativo-vaca-t30341.htm.
- Vaquero., B. M. 2001.** Recopilación de los efectos de la cojera en la producción de leche y en la prevención de laminitis. Retrieved from <http://www.revistafrisona.com/Portals/0/articulos/n126/A12604.pdf?ver=2013-04-03-151122-857>
- Visser R. y R. Wilson. 2006.** Potencial de la producción lechera según los grupos raciales tipo leche en Estados Unidos. Horizons, CRI.
- Wattiaux, M. 2003.** The reproductive function of dairy cattle. Babcock Institute for International Dairy Research and development, University of Wisconsin, USA.
- 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.
- Wood, P.D.P. 1967.** Algebraic model of the lactation curve in cattle. Nature, N° 216, p. 164 – 165.