

06

Fecha de presentación: septiembre, 2020

Fecha de aceptación: octubre, 2020

Fecha de publicación: diciembre, 2020

EFECTO DEL BALANCE ENERGÉTICO NEGATIVO Y NIVELES DE INSULINA PLASMÁTICA EN SANGRE EN DESARROLLO DE ESTRUCTURAS OVÁRICAS DE VACAS LECHERAS EN PERIODO POSPARTO

EFFECT OF THE NEGATIVE ENERGY BALANCE AND BLOOD PLASMA INSULIN LEVELS ON THE DEVELOPMENT OF OVARIAN STRUCTURES OF DAIRY COWS IN THE POSTPARTUM PERIOD

Lourdes Anita Ulloa Ulloa¹

E-mail: aulloaregion3@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-2499>

Carlos Alberto Bustos-Marcial²

E-mail: carlosalbustosm@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3304-4395>

Marco Antonio Rosero-Peñaherrera¹

E-mail: ma.rosero@uta.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3200-7042>

Hermógenes René Chamba-Ochoa³

E-mail: hermogenes.Chamba@unl.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9649-9277>

Euclides Efraín Lozada-Salcedo¹

E-mail: ee.lozada@uta.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4807-3690>

¹ Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.

² Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ecuador.

³ Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Ulloa Ulloa, L. A., Bustos-Marcial, C. A., Rosero-Peñaherrera, M. A., Chamba-Ochoa, H., & Lozada-Salcedo, E. E. (2020). Efecto del balance energético negativo y niveles de insulina plasmática en sangre en desarrollo de estructuras ováricas de vacas lecheras en periodo posparto. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(3), 37-44.

RESUMEN

El balance energético negativo en vacas lecheras en periodo posparto puede generar trastornos metabólicos, los cuales se encuentran asociados a enfermedades que afectan la condición reproductiva y productiva de las hembras bovinas. El objetivo del presente estudio fue evidenciar el efecto de los niveles de insulina plasmática en sangre en el balance energético, desarrollo de estructuras ováricas; así como en la aparición del primer celo en vacas lecheras en periodo posparto. Las unidades de estudio se agruparon (siete vacas lecheras por grupo) en función del tiempo transcurrido después del parto (posparto temprano, medio y tardío); de las cuales se extrajo una muestra sanguínea de 6 ml y se realizaron chequeos ecográficos seriados, así como, observación del tiempo de presentación del primer celo después del parto. En laboratorio clínico se determinaron los niveles de insulina plasmática en sangre, y con el ecógrafo se determinó el desarrollo de las estructuras ováricas. Las vacas lecheras cuando presentan valores de insulina plasmática iguales o menores a 3,3 uUI/ml, son afectadas por un estado de balance energético negativo, el cual influye significativamente en el desarrollo de folículos y cuerpo lúteo. Se comprobó que la presencia de BEN en vacas lecheras influye negativamente en el desarrollo de estructuras ováricas y en el período para la presentación del primer celo posparto, incrementando el porcentaje de días abiertos.

Palabras clave:

Vacas reproductoras, tamaño de folículos, cuerpo lúteo, celo posparto.

ABSTRACT

The negative energy balance in dairy cows in the postpartum period can generate metabolic disorders, which are associated with diseases that affect the reproductive and productive condition of bovine females. The objective of the present study was to demonstrate the effect of blood plasma insulin levels on energy balance, development of ovarian structures; as well as in the appearance of the first heat in dairy cows in the postpartum period. The study units were grouped (seven dairy cows per group) according to the time elapsed after calving (early, medium and late postpartum); from which a 6 ml blood sample was drawn and serial ultrasound checks were performed, as well as observation of the presentation time of the first heat after delivery. In clinical laboratory, plasma insulin levels in blood were determined, and the development of ovarian structures was determined with the ultrasound scanner. Dairy cows, when they have plasma insulin values equal to or less than 3.3 uUI/ml, are affected by a state of negative energy balance, which significantly influences the development of follicles and corpus luteum. The presence of BEN in dairy cows was found to negatively influence the development of ovarian structures and the period for the presentation of the first postpartum heat, increasing the percentage of open days.

Keywords:

Breeding cows, follicle size, corpus luteum, postpartum heat.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la producción de leche bovina constituye uno de los principales rubros de producción, por el aporte nutricional que realiza en la dieta de millones de personas y de exportación, y se concentra en EEUU, Unión Europea, Nueva Zelanda, Australia, Brasil, Argentina y Uruguay, aunque hasta finales de 2018, se ha presentado un aumento moderado de la producción (Agrodigital, 2019).

La vaca lechera en el periodo de lactación temprana, entra en un estado de balance energético negativo (BEN), donde la energía que requiere para mantenimiento y producción de leche es mayor que la energía que obtiene con el consumo de la dieta, y no cubre los requerimientos nutricionales energéticos, sin embargo, utiliza las reservas de energía del hígado (glucógeno) hasta agotarlas, lo que provoca afectaciones como hígado graso y pérdida de peso.

Las vacas en producción lechera no ingieren las cantidades de alimentos necesarias para suplir la elevada exigencia nutricional determinada por la alta producción de leche (Santos & Rutigliano, 2009); siendo necesario el incremento del consumo de materia seca (MS), lo que permite disminuir la duración del balance energético negativo postparto. Una desnutrición aguda en vaquillas deteriora de forma inmediata el crecimiento folicular y la ovulación.

En Ecuador la producción de leche constituye uno de los renglones de mayor importancia dentro del sector agropecuario nacional. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2016), en Ecuador se producen 5,4 millones de litros de leche diariamente, de los cuales entre el 25 y 32% se destinan al consumo de los terneros y el resto se utiliza para consumo humano e industrial, generándose \$1.600 millones en ventas anuales, y de acuerdo a lo declarado por la Asociación de Ganaderos de la Sierra y el Oriente (AGSO) no menos de un millón y medio de personas dependen directa e indirectamente de esta actividad.

En la actualidad en los sistemas ganaderos es común el establecimiento de métodos de alimentación de animales a base de forrajes, con alta utilización de fertilizantes nitrogenados y suplementos alimenticios, ricos en proteínas y carbohidratos solubles, en los cuales la principal preocupación de los productores ha sido la cantidad de leche producida, sin tener en cuenta la calidad; además de las afectaciones en la reproducción de los animales, número de partos, salud y bienestar de las reproductoras, balance energético posparto, alteraciones provocadas al medio ambiente y los altos costos de producción (Gallego, et al., 2014) allowing an approach to the problem proposed. It is common that in the high-tropic dairy farms of Colombia the main component of the cattle's diet is the Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*).

Según Carmona, et al. (2005), la eficiencia energética de los sustratos alimenticios fermentados en el rumen de la vaca presentan variaciones que dependen de las características de la dieta y las emisiones de gas metano, produciéndose pérdidas a través del eructo; por lo que, una adecuada manipulación de la dieta de los rumiantes, en condiciones tropicales; donde los sistemas de producción ganadera presentan bajos rendimientos atribuidos a la utilización de dietas de baja calidad, es una alternativa viable

para aminorar la producción de metano y la disminución de las pérdidas energéticas en las reproductoras.

Por otro lado, en los últimos años, en la especie bovina, se ha desarrollado un efectivo mejoramiento genético enfocado en el incremento de la producción de leche; aunque con un deterioro en la longevidad de las vacas, en los últimos 25 años se ha reducido el promedio de partos en razas especializadas de 3,3 a 3 partos, sin embargo, la etapa final de gestación de las reproductoras y el inicio de la lactancia coinciden con un significativo aumento de los requerimientos nutricionales, lo que se asocia a una disminución drástica en el consumo de materia seca, lo cual las hace susceptibles a cetosis y lipidosis, además, se genera un déficit energético donde el catabolismo de la vaca lechera puede llegar a alcanzar magnitudes excesivas.

La diferencia energética que se produce entre las necesidades del animal y los aportes alimentarios realizados por el consumo de alimentos se denomina balance energético, el cual comienza a modificarse entre las dos o cuatro semanas últimas de la gestación, momento en el que se produce un aumento significativo de las necesidades de energía de los animales, atribuidos al desarrollo fetal y la síntesis de calostro; condiciones que se refuerzan debido a la disminución en la ingestión de materia seca; por lo que semanas antes del parto, se produce en las reproductoras un balance energético negativo (Garmendia, 2005) a momento del parto y durante la lactación que imponen sobre el animal fuertes demandas de nutrientes. La vaca normalmente tiene problemas, alrededor del parto, de consumir todos los nutrientes necesarios para producir y reproducirse normalmente. Debido a que la eficiencia de una vaca se mide en términos de producción de leche, calidad del becerro y su habilidad para ciclar nuevamente es prioritario alimentar cuidadosamente durante este periodo crítico. El parto es el periodo comprendido entre los últimos 50 a 60 días de gestación y el momento del parto. Este es el periodo más crítico de la vaca. Esta debe alcanzar o preferiblemente mantener una condición corporal de 5 a 6 (Clasificación de 1- 9).

En vacas lecheras altamente productoras, el periodo del parto constituye un momento crítico que afecta su metabolismo y deprime su sistema inmune, además de su salud y fertilidad, motivo por el cual durante dicho periodo los factores más importantes son las fluctuaciones hormonales y metabólicas, dentro de las que se destacan; el balance energético negativo, escasez de proteínas, minerales y vitaminas relacionadas con las demandas de un feto maduro y la lactancia (Mordak & Stewart, 2015) a negative energy balance, shortage of proteins, minerals and vitamins which are required to meet the demands of the fetus as well as the onset of lactation. This stress can activate the hypothalamic-pituitary-adrenal-cortical axis (HPA).

En vacas que presentan un BEN pronunciado se produce una elevada movilización y oxidación de fracciones lipídicas que impiden la infiltración de grasa en el hígado, condición que favorece la exportación de sustratos lipídicos energéticos desde el tejido adiposo hasta la circulación sanguínea (Galvis, et al., 2007) al momento del parto, sobre el balance de energía, la pérdida de peso, el perfil de lipoproteínas y la actividad ovárica en el posparto temprano, se evaluó un grupo de 10 vacas de la raza Holstein del Hato

Paysandú de la Universidad Nacional, sede Medellín, en el día del parto y a los días 10, 20, 30, 40 y 50 días posparto para determinar el peso, la condición corporal, la producción de leche y los valores plasmáticos de colesterol total, lipoproteína de muy baja densidad (VLDL; lo cual genera una afectación en la salud y fertilidad en las reproductoras.

Un BEN en vacas lecheras puede generar efectos deletéreos sobre el folículo o el cuerpo lúteo (CL) por la disminución de la concentración de los IGF-I y la estereidogénesis. La disminución de insulina-IGF-I influye sobre la ovulación al aumentar la sensibilidad de gonadotropinas en folículos mayores de 5 mm y actúa sinérgicamente con la LH, aumentando el crecimiento y diferenciación del CL.

Para reducir el BEN es necesario aumentar el consumo de alimento de las vacas en los días cercanos al parto, lo cual prepara a las reproductoras para un mayor consumo después del parto y de esta forma se podrían reducir los desórdenes metabólicos. Según Pushpakumara, et al. (2003), cuando se ofertan dietas con mayor densidad de energía se estimula la papila ruminal y se incrementa la absorción de ácidos grasos y la población microbiana. Sin embargo, cuando se emplean dietas con alto contenido proteico en el período posparto se incrementan las concentraciones de urea en la sangre y afectación a la fertilidad. Además, se presentan otras limitaciones relacionadas con desordenes ruminales, disminución de la grasa en leche y presencia de acidosis.

El objetivo del trabajo fue evidenciar el efecto de los niveles de insulina plasmática en sangre en el balance energético, desarrollo de estructuras ováricas; así como en la aparición del primer celo en vacas lecheras en periodo posparto

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Unidad Educativa de Producción Cunchibamba, perteneciente al Instituto Tecnológico Agropecuario Luis Martínez de la Parroquia Cunchibamba, Cantón Ambato, Provincia Tungurahua, Ecuador, ubicada a una altitud de 2680 msnm y con una temperatura promedio de 12,0°C. El hato ganadero estuvo conformado por 40 vacas lecheras en periodo posparto, las cuales constituyen la población de estudio.

Para el desarrollo de la investigación, primeramente, se efectuó el cálculo del mínimo tamaño muestral (se obtuvo un tamaño de muestra de 21 vacas) en función de garantizar representatividad en la población de estudio, obtenido mediante algoritmo matemático para variables numéricas y marco muestral conocido; posteriormente se seleccionaron las unidades de estudio (reproductoras) a partir de la técnica de muestreo probabilístico (muestreo aleatorio simple), en el cual cada vaca lechera presentó la misma probabilidad de ser elegida.

Las vacas fueron separadas en tres grupos (7 vacas por grupo) en función de los días transcurridos después del parto (posparto temprano (entre 7-21 días después del parto), posparto medio (entre 22-35 días después del parto) y posparto tardío (entre 36-60 días después del parto).

Para conocer el efecto que produce el tiempo transcurrido después del parto en la bioquímica sanguínea de vacas lecheras se tomaron muestras de sangre en la vena caudal de cada animal, el sitio de punción fue previamente

limpiado (recorte del pelo) y desinfectado (lavado con jabón dos veces y posterior aplicación de alcohol yodado. Se utilizó aguja calibre 14 y 5 cm de longitud, con la cual fueron extraídos 6 ml de sangre por cada animal, depositadas en tubos vacutainer sin anticoagulante, rotuladas y conservadas a una temperatura de 4°C, previo envío al Laboratorio Clínico Computarizado Ambato, donde se realizaron las determinaciones de los niveles de insulina plasmática en sangre (uUI/ml) mediante la utilización del método de electroquimiluminiscencia. Las vacas lecheras fueron reagrupadas a partir de la presencia o no de BEN, considerando el valor de 3,3 uUI/ml como el punto por debajo del cual se presenta el BEN.

Por otro lado, se realizaron mediciones del tamaño de folículos y del cuerpo lúteo (mm), cuando se presenta, mediante empleo de ecógrafo, además se efectuó conteo de los días transcurridos después del parto a la presencia del primer celo posparto (PCPP).

El contraste de hipótesis para conocer si se presentan o no diferencias estadísticas significativas entre los grupos conformados a partir de tiempo transcurrido después del parto (posparto temprano, posparto medio y posparto tardío) en relación con los niveles de insulina plasmática en sangre en vacas lecheras, se realizó mediante el análisis de varianza de un factor intergrupos, previo cumplimiento de los requisitos de independencia de observaciones, normalidad de datos y homogeneidad de varianzas. El contraste de hipótesis para verificar el supuesto de normalidad de datos se efectuó con test de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas se contrastó con el test de Levene. Cuando se incumplió el requisito de homogeneidad de varianzas, el contraste hipótesis para detectar diferencias estadísticas se realizó mediante el test de Welch.

El contraste de hipótesis para determinar la presencia o no de diferencias significativas entre los dos grupos conformados en función de la presencia o ausencia de BEN (cuando las vacas presentaron un valor de insulina plasmática en sangre igual o menor de 3,3 uUI/ml conformaron el grupo con presencia de BEN y cuando alcanzaron valores mayores a 3,3 uUI/ml formaron el grupo con ausencia de BEN) en función del tamaño de los folículos en los ovarios izquierdo y derecho y los días transcurridos a la presencia del PCPP, se realizó la prueba t de Student para muestras o grupos independientes, previo cumplimiento de los requisitos de normalidad de datos y homogeneidad de varianzas.

La información recolectada de las variables niveles de insulina plasmática en sangre, tamaño de folículos en los ovarios y días transcurridos a la presencia del PCPP permitió elaborar la matriz de datos, los cuales fueron analizados estadísticamente mediante la utilización del paquete estadístico SPSS versión 24 de prueba para Windows, con una confiabilidad en la estimación del 95% (nivel de significancia de 5% ($\alpha=0,05$)). Para una mejor representación de los resultados se construyeron gráficos de barras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los niveles promedios de insulina plasmática en sangre obtenidos en los grupos de vacas en periodo de posparto temprano (=2,89 uUI/ml con un IC entre 2,69 y 3,08) y posparto medio (=3,21 uUI/ml con un IC entre 2,91 y 3,51), indican la presencia de un BEN (valores promedios por

debajo de 3,3 uUI/ml), lo que puede encontrarse atribuido al menor consumo de proteínas por las reproductoras, insuficientes para recuperar la energía gastada en la alimentación del ternero, sin embargo, en el grupo de vacas en periodo de posparto tardío (=5,31 uUI/ml con un IC entre 4,46 y 6,17), los niveles de insulina sobrepasaron el valor de 3,3 uUI/ml, encontrándose en una mejor situación al presentar ausencia de BEN (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción estadística de los grupos de vacas en periodo posparto en relación a los niveles de insulina plasmática en la sangre (uUI/ml).

Variable	Periodo posparto	n	Media	DE	EE de la media	IC para la media (95%)	
						LI	LS
Insulina plasmática en la sangre (uUI/ml).	Temprano (7-21 días)	7	2,88	0,21	0,08	2,69	3,08
	Medio (22-35 días)	7	3,21	0,32	0,12	2,91	3,51
	Tardío (36-60 días)	7	5,31	0,93	0,35	4,45	6,17

Nota. n=tamaño de la muestra. DE=Desviación estándar. EE=Error estándar. IC=Intervalo de confianza. LI=Límite inferior. LS=Límite superior.

En el contraste de hipótesis para la comparación de los grupos de vacas lecheras (posparto temprano, medio y tardío) a partir de los niveles de insulina plasmática en sangre (Test de Welch) se obtuvo un p-valor=0,000 (menor a 0,05), presentándose diferencias estadísticas altamente significativas entre los tres periodos analizados, evidenciándose que el tiempo transcurrido después del parto influye en los cambios que se producen en los niveles de insulina en sangre en vacas lecheras en periodo de posparto (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados del contraste de prueba de hipótesis para la comparación de las reproductoras en periodo posparto en función de los niveles de insulina plasmática en sangre.

Test	Estadístico	df1	df2	p-valor
Welch	22,451	2	10,379	0,000
a. F distribuida de forma asintótica				

Nota. df=grados de libertad.

Los niveles promedios de insulina plasmática en sangre no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los grupos de vacas en periodo de posparto temprano (=2,89 uUI/ml) y posparto medio (=3,21 uUI/ml), presentándose en las reproductoras pertenecientes a estos periodos un BEN, lo que puede atribuirse al menor consumo de proteínas en la alimentación, sin embargo, estos dos grupos si presentaron diferencias estadísticas significativas con el grupo de vacas en periodo de posparto tardío (=5,31 uUI/ml), lo que indica que después de los 35 días posteriores al

parto, las vacas presentan una recuperación al no presentar un BEN (Figura 1).

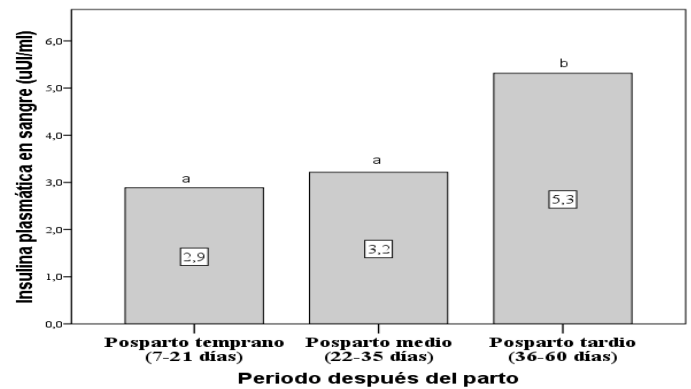


Figura 1. Efecto del periodo posparto en los niveles de insulina plasmática en sangre.

*Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor<0,05 (Prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan).

Los niveles de insulina plasmática en sangre obtenidos en el presente estudio en el grupo de vacas en periodo de posparto temprano (=2,89 uUI/ml) y posparto medio (=3,21 uUI/ml) indican presencia de un BEN, lo cual se produce por los cambios metabólicos y fisiológicos que sufre el animal en estado de gestación, lo cual se corrobora con Meléndez & Bartolomé (2017), quienes definieron la importancia de los niveles sanguíneos de glucosa en el postparto temprano y su relación con las hormonas insulina, IGF-I y somatotrofina. El bajo consumo de proteína y energía durante la gestación conllevan a una baja en la condición corporal al parto, además del bajo consumo de alimentos durante la lactancia temprana y los crecientes requerimientos de glucosa para la producción de leche, desencadenan en un BEN, aumentando el porcentaje de vacas en anestro y un mayor tiempo entre partos. Por ello, el BEN, se define como la causa nutricional que más interviene en los procesos reproductivos.

La insulina interviene en la secreción de GnRH y LH que actúa directamente en los ovarios, influyendo sobre la sensibilidad de las gonadotropinas, lo cual puede estar relacionado con lo planteado por Rosales, et al. (2017), sobre los bajos niveles de insulina plasmática, que reducen el consumo de glucosa por tejidos periféricos (adiposo y muscular) facilitándose un mayor consumo de glucosa por la glándula mamaria, debido al decremento de insulina (fisiopatología pancreática, hepática-biliar y gestacional), lo que comprueba lo señalado por Giraldo, et al. (2020) twenty Brahman cows were selected from Magdalena Medio, in Colombia. Venous blood samples (10 mL, sobre la disminución de las reservas para compensar el déficit energético.

En la comparación realizada entre los grupos conformados en relación con la presencia o ausencia de BEN y el tamaño de los folículos (mm) en vacas lecheras, se obtuvo para el grupo de animales afectados con presencia de BEN (=7,04 mm con un IC entre 5,68 y 8,40 mm) y para el grupo de vacas con ausencia de BEN, los valores alcanzados fueron superiores (=11,67 mm con un IC entre 9,71 y 13,62 mm) (Tabla 3).

Tabla 3. Descripción estadística de los grupos de vacas con presencia o ausencia de BEN en relación al tamaño de los folículos (mm) en ovarios izquierdo y derecho.

Variable	BEN	n	Media	DE	EE de la media	IC para la media (95%)	
						LI	LS
Tamaño de folículos (mm)					0,55	5,94	8,15
Presencia		24	7,04	3,97			
	Ausencia	18	11,67	4,56	0,91	9,80	13,56

Nota. n=tamaño de la muestra. DE=Desviación estándar. EE=Error estándar. IC=Intervalo de confianza. LI=Límite inferior. LS=Límite superior.

El contraste de hipótesis efectuado mediante la prueba t de Student para grupos independientes (Tabla 4) demuestra que se presentan diferencias estadísticas significativas (p-valor=0,000) (Figura 2), lo que evidencia que el desarrollo de las estructuras ováricas depende de los desórdenes energéticos producidos en las reproductoras en el periodo posparto, provocando un retraso en la aparición del primer celo posparto. Siendo el periodo de inactividad ovárica el principal factor que afecta a la eficiencia reproductiva, la misma que está influenciada por la nutrición, edad, condiciones medioambientales.

Tabla 4. Contraste de hipótesis para la comparación de los grupos de vacas con presencia o ausencia de BEN en relación al tamaño de los folículos (mm) en ovarios izquierdo y derecho.

Tamaño de los folículos (mm) F	Test de Levene		Prueba t de Student para grupos independientes						
	p-valor	t	gl	p-valor	Dif. de medias	Dif. del EE	IC de la dif. (95%)		
							LI	LS	
Se asumen varianzas iguales	0,24	0,625	-4,19	40	0,000	-4,62	1,10	-6,85	-2,39
No se asumen varianzas iguales			-4,07	32,3	0,000	-4,62	1,13	-6,93	-2,31

Nota. gl=Grados de libertad. Dif=Diferencia. EE=Error estándar. IC=Intervalo de confianza. dif.=Diferencia. LI=Límite inferior. LS=Límite superior.

En los grupos de vacas en posparto temprano (7-21 días) y posparto medio (22-35 días), la presencia de un BEN puede conducir a la pérdida de masa corporal de la reproductora, y por consiguiente una desnutrición generalizada, lo que concuerda con lo señalado por Rovers (2014), quien afirma que un BEN, al ser mayor la salida de energía para la producción de leche que la recuperada mediante la ingestión de los alimentos; el organismo desarrolla un mecanismo de movilización de sus reservas corporales mediante la transferencia de sustratos lipídicos energéticos presentes en el tejido adiposo, hacia la circulación sanguínea, cuestión que aumenta la probabilidad de incidencia de enfermedades, entre la que se encuentra la lipidosis hepática (Radostits, et al., 2006), así mismo, Van Saun (2008), define que el factor nutricional más crítico que impacta en la salud de los animales, la lactancia y el rendimiento reproductivo es el balance de energía.

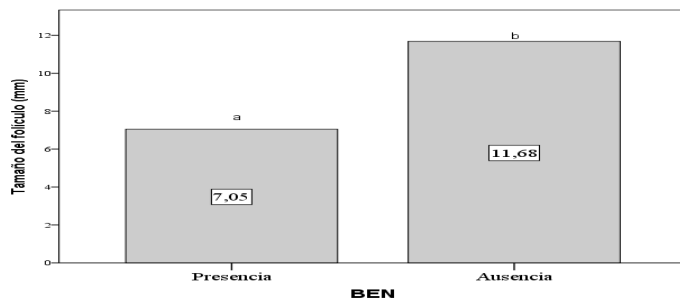


Figura 2. Efecto de la presencia y ausencia de BEN en el tamaño de folículos.

*Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor<0,05 (Prueba t de Student para grupos independientes).

Las concentraciones bajas de insulina pueden afectar el desarrollo folicular, madurez y sensibilidad al estímulo de la hormona luteinizante (LH), lo que podría conducir a anovulación y formación de quistes y a que las reproductoras no presenten signos de celo entre los 80-100 días de lactancia (Giraldo, et al., 2020) twenty Brahman cows were selected

from Magdalena Medio, in Colombia. Venous blood samples (10 mL. Siendo el BEN la causa nutricional que más interviene en los procesos reproductivos, aumentando en el porcentaje de vacas en anestro y un mayor tiempo entre partos. Lo obtenido en la investigación evidencia que los niveles de insulina se presentan en concentraciones variables entre los diferentes periodos posparto.

Las medias de días transcurridos a la presentación del PCPP en vacas lecheras con presencia de BEN (=99,92 días con un IC entre 93,75 y 106,10 días) y las reproductoras con ausencia de BEN (=87,13 días con un IC entre 79,75 y 106,10 días) (Tabla 5) muestran una diferencia numérica de 13 días.

Tabla 5. Descripción estadística de los grupos de vacas con presencia o ausencia de BEN en relación a la presencia del PCPP.

Variable	BEN	n	Media	DE	EE de la media	IC de la dif. (95%)	
						LI	LS
PCPP (días)	Presencia	13	99,92	10,218	2,834	93,75	106,10
	Ausencia	8	87,13	9,357	9,308	79,30	94,95

Nota. n=tamaño de la muestra. DE=Desviación estándar. EE=Error estándar. IC=Intervalo de confianza. dif.=Diferencia. LI=Límite inferior. LS=Límite superior.

El contraste de hipótesis evidencia que existen diferencias estadísticas significativas (p-valor=0,010) entre los grupos de vacas con presencia o ausencia de BEN en función de la presencia del primer celo postparto (Tabla 6).

Tabla 6. Contraste de hipótesis para la comparación de los grupos de vacas con presencia o ausencia de BEN en relación a la presencia del PCPP.

PCPP (días) F	Test de Levene		Prueba t de Student para grupos independientes						
	p-valor	t	gl	p-valor	Dif. de medias	Dif. de EE	IC de la dif. (95%)		
							LI	LS	
Se asumen varianzas iguales	0,22	0,641	2,87	19	0,010	12,79	4,45	3,47	22,11
No se asumen varianzas iguales			2,94	16	0,010	12,79	4,35	3,56	22,03

Nota. gl=Grados de libertad. Dif=Diferencia. EE=Error estándar. IC=Intervalo de confianza. LI=Límite inferior. LS=Límite superior.

Se demuestra que el desarrollo de las estructuras ováricas es retardado por las deficiencias de energía reduciendo así los pulsos de LH produciendo retardo en los ciclos estrales (Figura 3).

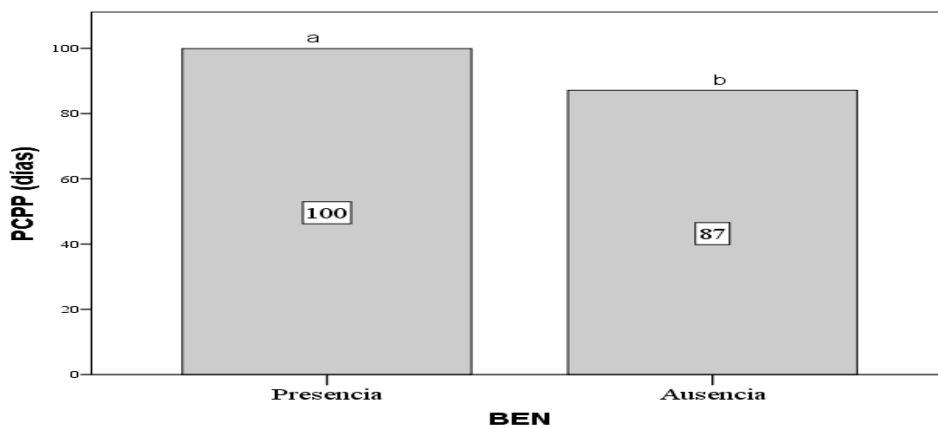


Figura 3. Efecto de la presencia o ausencia de BEN en el tiempo de aparición del primer celo posparto.

*Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor<0,05 (prueba t de Student para grupos independientes).

En el estudio se demuestra relación de causalidad entre la presencia de BEN y el tiempo para la aparición del primer celo posparto, lo que puede estar relacionado al efecto que provocan los bajos niveles de insulina plasmática en el consumo de reservas lipídicas por las reproductoras.

En la comparación realizada entre los grupos conformados en relación con la presencia o ausencia de BEN y el tamaño de los folículos (mm) en vacas lecheras (prueba t de Student para grupos independientes), se obtuvo para el grupo de reproductoras afectadas con presencia de un BEN (=7,04 mm con un IC entre 5,68 y 8,40 mm) y para el grupo vacas con ausencia de BEN, los valores fueron superiores (=11,67 mm con un IC entre 9,71 y 13,62 mm), se presentan diferencias estadísticas significativas (p -valor=0,000) (Figura 2), lo que evidencia que el desarrollo de las estructuras ováricas depende de los desórdenes energéticos producidos en las reproductoras en el periodo posparto provocando un retraso, lo que se corresponde con lo obtenido por Henao (2001), investigador que estableció que un desbalance energético retarda la reanudación de los ciclos estrales postparto y por consiguiente una limitación en el crecimiento de los folículos ováricos. No hay ovulación en los dos ovarios al mismo tiempo, por ende, un folículo que llega a la dominancia puede ovular o de lo contrario se produce atresia y empieza la actividad de una nueva onda folicular.

Los resultados obtenidos en relación con la aparición del primer celo después del parto evidencian que la presencia de BEN en reproductoras en periodo de posparto incrementa el tiempo que transcurre para la aparición del primer celo posparto, lo que concuerda con lo obtenido por Chagas, et al. (2006) $US = 1.5 + 0.32 \times \text{New Zealand}$, quienes consideran al balance de energía como el principal factor regulador de la secreción hipotalámica de GnRH, en vacas en periodo de transición y al BEN como el fenómeno donde se presenta una reducción de la frecuencia de los pulsos de las hormonas LH, retrasándose el reinicio de ciclos postparto.

La presencia de BEN en vacas lecheras influye negativamente en el desarrollo de estructuras ováricas y en el incremento del tiempo de aparición del primer celo en diferentes periodos después del parto.

CONCLUSIONES

Se demostró diferencia estadística altamente significativa entre los grupos de vacas lecheras en posparto temprano (2,9 UI) y medio (3,2 UI) comparados con las reproductoras en posparto tardío (5,3 UI), siendo los primeros dos grupos afectados por la presencia de un BEN que denota deficiencias energéticas en las reproductoras que pueden generar pérdidas de peso y enfermedades metabólicas.

Se evidenció que la presencia o ausencia de BEN no se asocia con el desarrollo de estructuras ováricas en el ovario derecho, sin embargo, en el ovario izquierdo el contraste de hipótesis demostró diferencias significativas lo que puede estar condicionado a que el desarrollo de las estructuras ováricas no es diferente en cada ovario.

Se demostró relación de causalidad entre la presencia de BEN y el tiempo para la aparición del primer celo posparto, lo que puede estar relacionado al efecto que provocan los bajos niveles de insulina plasmática en el consumo de reservas lipídicas por las reproductoras, además de la pérdida de peso y el riesgo a la aparición de enfermedades metabólicas que afectan la salud reproductiva y productiva de las vacas lecheras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrodigital. (2019). La producción mundial de leche seguirá creciendo, pero más moderadamente. <https://www.agrodigital.com/2019/01/14/la-produccion-mundial-de-leche-seguira-creciendo-pero-mas-moderadamente/>
- Carmona, J., Bolívar, D., & Giraldo, L. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(1), 49–63.
- Chagas, L. M., Rhodes, F. M., Blache, D., Gore, P. J. S., Macdonald, K. A., & Verkerk, G. A. (2006). Precalving Effects on Metabolic Responses and Postpartum Anestrus in Grazing Primiparous Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 89(6), 1981–1989.
- Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2016). 5,4 millones de litros de leche se producen al día. El Telégrafo. <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/1/5-4-millones-de-litros-de-leche-se-producen-al-dia>
- Gallego, L., Machecha, L., & Angulo, J. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 393–403.
- Galvis, R. D., Agudelo, D., & Saffon, A. (2007). Condición corporal, perfil de lipoproteínas y actividad ovárica en vacas Holstein en lactancia temprana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(14), 16–29.
- Garmendia, J. (2005). Suplementación estratégica de vacas con doble propósito alrededor del parto. (Ponencia). IX Seminario de Pastos y Forrajes. Asociación Venezolana de Producción Animal, Venezuela.
- Giraldo, L. F., Loaiza, A. M., Botero, S. A., & Uribe, L. F. (2020). Parámetros metabólicos séricos y condición corporal durante el pre y posparto en vacas Brahman. *Revista científica*, 19(4), 1–11.
- Henao, G. (2001). Reactivación ovárica postparto en bovinos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 54(1 y 2), 1285–1302.
- Meléndez, P., & Bartolomé, J. (2017). Avances sobre nutrición y fertilidad en ganado lechero : Revisión Advances on nutrition and fertility in dairy cattle: Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(4), 407–417.
- Mordak, R., & Stewart, P. (2015). Periparturient stress and immune suppression as a potential cause of retained placenta in highly productive dairy cows : examples of prevention. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 57(84), 1–8.
- Pushpakumara, P. G. A., Gardner, N. H., & Reynolds, C. K. (2003). Relationships between transition period diet , metabolic parameters and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 60, 1165–1185.

- Radostits, O. M., Gay, C., Hinchcliff K. W., & Constable, P. D. (2006). Metabolic diseases. In: Veterinary medicine A textbook of the diseases of cattle, sheep, goats, pigs and horses. Saunders Elsevier.
- Rosales, C., Chamba-Ochoa, H., Chávez, R., Pesántez, M., & Benítez, E. (2017). Niveles de insulina y glucosa como indicadores de eficiencia reproductiva y productiva en vacas posparto. Revista Electrónica de Veterinaria, 18(3), 1–10.
- Rovers, M. (2014). La Cetosis en vacas lecheras y el rol de la Colina. <https://orffa.com/es/la-cetosis-en-vacas-lecheras-y-el-rol-de-la-colina/>
- Santos, J. E. P., & Rutigliano, H. M. (2009). Risk factors for resumption of postpartum estrous cycles and embryonic survival in lactating dairy cows. Animal Reproduction Science, 110, 207–221.
- Van Saun, R. J. (2008). Metabolic Profiling. In Current Veterinary Therapy-Food Animal Practice (Saunders E). <https://extension.psu.edu/metabolic-profiling>