

## CAPÍTULO XVI

### CONSIDERACIONES FISIOLÓGICAS SOBRE MANEJO Y ALIMENTACIÓN DE LA VACA DURANTE EL PERIODO SECO

- I. INTRODUCCIÓN
- II. CONSIDERACIONES FISIOLÓGICAS DEL PERÍODO SECO
- III. INVOLUCIÓN DE LA GLÁNDULA MAMARIA
- IV. EL PERÍODO DE TRANSICIÓN Y EL CONSUMO DE MATERIA SECA Y ENERGÍA
- V. CARACTERÍSTICAS DIETÉTICAS ASOCIADAS AL CONSUMO DURANTE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN
- VI. CAMBIOS METABÓLICOS QUE OCURREN DURANTE EL PERIODO DE TRANSICIÓN DE LAS VACAS
- VII. MECANISMOS DE REGULACIÓN METABÓLICA DURANTE EL PERIODO DE TRANSICIÓN
- VIII. LA CONDICIÓN CORPORAL DURANTE EL PERÍODO SECO Y DE TRANSICIÓN
- IX. ESTRATEGIAS DE MANEJO PARA MEJORAR LA CONDICIÓN CORPORAL DURANTE EL PERÍODO SECO
- X. LITERATURA CITADA

**Alfredo N. García Gavidia**

## I. INTRODUCCIÓN

La caracterización del período seco como una fase de reposo entre lactancias y el énfasis sobre el mismo como un período de muy bajos requerimientos nutricionales para las vacas, han dado a los productores una falsa apreciación del crítico rol que tiene la vaca seca; muchos procesos fisiológicos, dinámicos y esenciales que preparan el estado del animal para la próxima lactancia están siendo concatenados durante este período. El período seco de las vacas es importante para optimizar la producción de leche en la subsecuente lactancia. Cuando solamente la producción de leche es considerada, un período seco de óptima duración, entre 40 - 60 días, serviría para compensar la pérdida de leche de la lactancia actual con un aumento de la producción durante la siguiente lactancia. Un período seco de menos de 40 días resulta en una menor producción de leche durante la siguiente lactancia. La necesidad del período seco para las vacas parece tener otras razones además de las nutricionales, sin embargo los eventos fisiológicos que demandan un período seco aún permanecen desconocidos.

Es evidente que el manejo nutricional de las vacas secas durante el período seco y durante la proximidad al parto es esencial para el equilibrio de diferentes funciones como minimizar el estrés metabólico que ocurre durante el período de transición alrededor del parto, alcanzar un máximo consumo de alimento inmediatamente después del parto, garantizar un mejor nivel de producción de leche en la lactancia que se inicia, mantener la salud de los animales y para optimizar la eficiencia reproductiva en la lactancia subsiguiente.

La repleción - depleción de la energía corporal ha sido medida cualitativamente como Condición Corporal. El valor calórico del cambio en el peso vivo esta influenciado no solamente por la ganancia o pérdida de grasa corporal, sino también por el reemplazo de la grasa corporal por agua y por el cambio en el llenado del tracto digestivo. Al momento del parto la cantidad de grasa corporal estimada por la condición corporal ha sido usada como un indicador de la energía disponible durante las primeras etapas de la lactancia para suplir las diferencias entre el consumo de energía dietética y los requerimientos para mantenimiento corporal y producción de leche.

Muchos cambios fisiológicos ocurren en la vaca lechera durante las semanas finales antes del parto y las primeras semanas después del parto. Ese período de tiempo se ha agrupado y denominado período de transición. Cuando las vacas pasan del estado de no-lactantes al estado de vacas en lactancia, el periodo de transición impone un enorme estrés a las vacas y puede afectar el consumo de materia seca, la producción de leche y en muchos casos la salud del rebaño. Generalmente el pico en producción de leche ocurre entre 5 a

8 semanas después del parto, mientras que el pico en el consumo de materia seca podría no ser alcanzado hasta 10 ó 14 semanas después del parto, lo que conlleva a las vacas a sufrir un déficit en el consumo de energía metabolizable y posiblemente en otros nutrientes durante la lactancia temprana. Este balancee negativo de energía típicamente resulta en la movilización de las reservas corporales de grasa y de proteína lábil para suplir la energía y los aminoácidos necesarios para la síntesis de leche. Este Capítulo presenta una breve revisión de los cambios fisiológicos asociados con el período seco, los cambios metabólicos durante el período de transición, así como también algunos aspectos relacionados con la nutrición y la condición corporal de las vacas secas y , finalmente algunas prácticas de manejo recomendables para optimizar la productividad de los rebaños, la salud y la eficiencia reproductiva durante la siguiente lactancia.

## II. CONSIDERACIONES FISIOLÓGICAS DEL PERÍODO SECO

La cesación del ordeño y el destete del becerro marcan el comienzo del período seco e inician la reabsorción de la leche no secretada conjuntamente con una rápida pérdida de células epiteliales secretorias de la glándula mamaria. Este proceso denominado "Involución", se completa generalmente en un período de 14 días y esta asociado con la mayor susceptibilidad de la glándula mamaria para contraer infecciones. Sin embargo, una vez que la glándula mamaria se estabiliza en el estado no secretorio, los mecanismos de defensa naturales son estimulados, reduciendo con ello la susceptibilidad a nuevas infecciones [56].

## III. INVOLUCIÓN DE LA GLÁNDULA MAMARIA

Tres tipos de involución ocurren a la glándula mamaria durante el transcurso de la lactancia y al final de la misma. *Involución gradual*, se refiere a la regresión progresiva del parénquima mamario observada en la glándula mamaria lactante después de haber alcanzado el pico de producción de leche. *Involución iniciada*, se refiere a la regresión de la glándula mamaria que ocurre debido a una repentina cesación del ordeño y/o destete del becerro, cuando las células epiteliales secretorias aún están activamente sintetizando y secretando leche e *Involución senil*, se refiere a la regresión de la glándula mamaria debida a la edad.

Los cambios fisiológicos que ocurren en la glándula mamaria durante el período seco son aquellos relacionados con la involución iniciada, sin embargo existen cambios definitivos que ocurren durante la involución gradual tales como la disminución del volumen lóbuloalveolar y la pérdida de células epiteliales mamarias [55]. En general, los cambios que ocurren en la glándula mamaria durante el proceso de involución, corresponden a una serie de eventos tempranos debidos a la acumulación y estasis de la leche dentro de la glándula mamaria y son: 1) disminución de la actividad metabólica de las células epiteliales; 2) disminución en el tamaño de los alvéolos; 3) disminución en el número de alvéolos por lóbulo; 4) disminución en el número total de alvéolos; 5) disminución en el número de células por alvéolo; 6) cambios en la ultraestructura de las células epiteliales [30].

La secuencia de cambios ocurre en el tiempo desde que cesa el ordeño y a través de todo el período seco y pueden ser agrupados de la siguiente manera: 1) aquellos que ocurren durante las primeras 24 horas, que envuelven la disminución del sistema retículo endotelial de las células, unión de los ribosomas y otras estructuras de la membrana citoplasmática, de manera tal que la leche se acumula y la ubre comienza a distenderse; como resultado de lo cual ocurre una infiltración leucocitaria en la glándula mamaria (parénquima y alvéolos); 2) aquellos que ocurren durante 2 - 4 días, mientras la leche continúa acumulándose y la ubre se distiende para aliviar el efecto del aumento de vacuolas autofágicas y lisosomas en la glándula mamaria que digieren las células actuando como macrófagos. A partir del segundo día existe una evidente infiltración de linfocitos, los cuales también aumentan con el tiempo y son encontrados adyacente a la superficie basal del epitelio.; 3) durante los días 5 al 9 los neutrófilos son reemplazados por macrófagos los cuales se congregan alrededor de los alvéolos que están sufriendo degeneración y de los ductos, generalmente conteniendo dentro de ellos citosomas o lisosomas. Los alvéolos pierden la superficie epitelial pero la membrana basal permanece intacta de tal manera que el lumen alveolar pareciera estar lleno de células en diferente estado de degeneración.

El período seco induce la regresión de las células epiteliales a un estado que es menos diferenciado pero en el cual estas células sobreviven y permanecen unidas a la membrana basal. El alvéolo propiamente dicho permanece intacto pero existe una extensa remodelación de la región apical de las células epiteliales, donde son degradadas las vesículas secretorias como maquinaria secretoria de las células. La plasmina, una proteasa sérica resultante de la activación del plasminogeno, ha sido implicada como responsable del proceso destructivo en ambas, la involución gradual y la iniciada. En resumen, la involución es esencialmente un proceso autolítico, con lisosomas jugando el mayor papel, mientras que un influjo de células fagocíticas ayudadas por la rup-

tura de las uniones conjugadas de las células, completan el proceso degenerativo.

El período seco es requerido para permitir la regeneración del tejido mamario, el reinicio de la lactancia a más alto nivel y para la recuperación de las reservas corporales para soportar la próxima lactancia. El período seco debe ser visto como un período de preparación para asegurar la salud de las vacas y una mayor producción de leche durante la lactancia subsiguiente, a la vez que para estimular un rápido retorno a los ciclos estrales y optimizar la fertilidad. La manipulación del período seco puede ser útil como medio para aumentar la producción de leche después del parto y la salud del rebaño. El aumento en la producción de leche después del parto puede ser obtenido incrementando: 1) el número de células regeneradas después o durante la involución o 2) la actividad metabólica de las células epiteliales después o durante la involución. Estas dos apreciaciones tienen como meta estimular la producción de importantes hormonas en la sangre las cuales pueden ser transferidas a las células, calostro y/o leche. Por ejemplo, la producción de leche después del parto puede ser incrementada manipulando la proteína dietética antes del parto; esto puede resultar en un incremento en la producción de la hormona de crecimiento o somatotropina (ST) y en una disminución de la concentración plasmática de Insulina. Debido a que la ST es requerida para el desarrollo de la glándula mamaria, altos niveles de ST han sido asociados a bajos niveles de insulina, además, de ser esenciales para la redistribución de los nutrientes hacia la glándula mamaria para la síntesis de leche. Altas concentraciones plasmáticas de la Insulina como factor de crecimiento (IGF-I) durante la última etapa del período seco y antes del parto han sido relacionadas al hecho de que IGF-I actúa como un mediador local para el crecimiento y desarrollo del epitelio mamario. La síntesis hepática y local a nivel de tejido, de IGF-I responde a un incremento en las concentraciones plasmáticas de ST [2].

Cambios en la forma física y en la concentración energética del alimento ofrecido a las vacas durante el período seco 4 a 5 semanas antes del parto, pueden ser útiles para la salud del rebaño y para mejorar la producción de leche después del parto y la eficiencia reproductiva para la próxima lactancia. El estado nutricional modifica las concentraciones sanguíneas de ST. La ST es un controlador homeorrético que modifica la partición de los nutrientes, estando así involucrada en la coordinación del metabolismo de varios tejidos y órganos [2]. Inyecciones de ST 3 semanas antes del parto incrementaron el consumo de materia seca y la secreción de hormonas metabólicas después del parto, ayudando a disminuir el estrés del parto y el déficit en el consumo de materia seca con lo que también disminuyó el balance negativo de energía metabolizable durante las primeras semanas de la lactancia en vacas Holstein (Cuadro 1) [20].

**CUADRO 1. MEDIAS CUADRÁTICAS Y EE PARA EL EFECTO DEL TRATAMIENTO CON SOMATO-TROPINA EXÓGENA (BST) SOBRE EL CONSUMO DE MATERIA SECA (KG), PESO VIVO, CONDICIÓN CORPORAL Y EL BALANCE ENERGÉTICO DE VACAS HOLSTEIN DURANTE EL PERIODO DE TRANSICIÓN (-21 DIAS - 21 DIAS) [20]**

Dia	Consumo de M. S. (kg)			Peso vivo (kg)			Condición Corporal			Balance Energético Mcal/d	
	Trt <sup>1</sup> = 0	Trt <sup>2</sup> = 1	Trt = 0	Trt = 0	Trt = 1	Trt = 0	Trt = 1	Trt = 0	Trt = 1	Trt = 0	Trt = 1
Preparto -21	14,4 ± 0,2	14,9 ± 0,2	649,5 ± 0,5	706,9 ± 0,9	3,43 ± 0,01	3,63 ± 0,01	10,8 ± 0,3	11,3 ± 0,3			
- 14	14,7 ± 0,2	14,6 ± 0,2	702,1 ± 0,3	718,9 ± 0,3	3,57 ± 0,01	3,73 ± 0,01	11,0 ± 0,3	10,6 ± 0,3			
- 7	13,8 ± 0,3	14,7 ± 0,3	708,1 ± 0,9	724,0 ± 0,9	3,63 ± 0,01	3,76 ± 0,01	9,4 ± 0,4	10,6 ± 0,4			
- 3	12,5 ± 0,5	11,6 ± 0,5	710,5 ± 2,4	721,6 ± 2,4	3,69 ± 0,02	3,79 ± 0,02	7,4 ± 0,7	5,8 ± 0,7			
- 1	9,1 ± 0,6	9,4 ± 0,7	707,9 ± 2,6	711,9 ± 2,7	3,62 ± 0,02	3,71 ± 0,02	2,0 ± 1,0	2,4 ± 1,0			
Parto 0	9,3 ± 0,6	9,5 ± 0,7	666,6 ± 2,6	663,6 ± 2,7	3,44 ± 0,02	3,47 ± 0,02	2,9 ± 1,0	3,2 ± 1,0			
Postparto 1	11,9 ± 0,3	12,9 ± 0,3	661,5 ± 0,9	657,5 ± 0,9	3,43 ± 0,01	3,45 ± 0,01	- 41,6 ± 2,0	- 34,9 ± 2,0			
3	15,0 ± 0,3	13,0 ± 0,3	651,0 ± 0,9	650,0 ± 0,9	3,36 ± 0,01	3,41 ± 0,01	- 30,9 ± 2,0	- 32,3 ± 2,0			
7	16,9 ± 0,3	15,9 ± 0,3	634,5 ± 0,9	636,2 ± 0,9	3,26 ± 0,01	3,30 ± 0,01	- 28,5 ± 2,0	- 23,1 ± 2,0			
14	18,9 ± 0,3	19,8 ± 0,3	617,8 ± 0,4	625,1 ± 0,5	3,14 ± 0,01	3,23 ± 0,01	- 18,8 ± 0,9	- 11,4 ± 0,8			
21	18,6 ± 0,2	21,6 ± 0,3	603,3 ± 0,6	614,6 ± 0,7	3,00 ± 0,01	3,18 ± 0,01	- 17,4 ± 1,1	- 14,4 ± 1,0			

<sup>1</sup> = Tratamiento = 0: vacas no inyectadas con bST

<sup>2</sup> = Tratamiento = 1: vacas inyectadas con 5 mg/d de bST antes y después del parto.

#### IV. EL PERÍODO DE TRANSICIÓN Y EL CONSUMO DE MATERIA SECA Y ENERGÍA.

El período de transición ha sido definido como el período de tiempo que transcurre desde aproximadamente 3 semanas antes del parto hasta aproximadamente 2 semanas después del parto y puede ser dividido en dos fases distintas: a) de 5 a 7 días preparto, el cual se caracteriza por una reducción del 30 % en el consumo de materia seca; y b) de 0 a 21 días postparto, período de tiempo cuando el consumo de materia seca debería aumentar rápidamente [7]. La reducción en el consumo de alimento se inicia durante la fase preparto del período de transición, aún cuando las demandas nutricionales para soportar el crecimiento fetal y para la preparación para el inicio de la síntesis de leche están incrementándose (Cuadro 1) [20]. Sin embargo, debe tenerse presente que el consumo de materia seca preparto está positivamente correlacionado con el consumo de materia seca postparto, por lo tanto, los mayores esfuerzos para maximizar el consumo postparto deben comenzar antes del parto; desafortunadamente, vacas sobrecondicionadas pueden ser más susceptibles a una disminución en el consumo de materia seca preparto [24].

Ha sido reportado, que las vacas Holstein durante los últimos 27 días preparto tienen una reducción en el consumo de materia seca desde 1,8 hasta 1,2 y 0,9% del peso vivo, indicándose además que las vacas con la mayor reducción en el consumo fueron más susceptibles a problemas durante el parto e inmediatamente después del parto [64]. Sin embargo, a pesar de que el descenso en el consumo de materia seca preparto parece ser inevitable, la intensidad y duración del descenso puede variar y aún cuando el descenso más dramático en el consumo de materia seca ha sido observado desde una semana antes del parto, en vacas consumiendo dietas a base de forrajes, éste efecto es menos pronunciado [7, 12, 17, 27, 31, 35, 58].

Es importante la identificación de los factores que influyen el consumo de alimento preparto; en el pasado, la reducción en el consumo a menudo era atribuida a una reducida capacidad abdominal asociada con el rápido desarrollo del feto durante el último tercio de la gestación; sin embargo, la magnitud de los cambios en el consumo preparto puede ser menor que la esperada basada en la magnitud del descenso en la capacidad ruminal. Así, ha sido reportado que a los 22 días postparto la capacidad ruminal fue solo 5% mayor que la capacidad ruminal 61 días antes del parto, mientras que el consumo de materia seca fue 69% mayor que el consumo medido 61 días antes del parto (Cuadro 2) [53].

Se han observado otros factores fisiológicos en adición a la capacidad ruminal y a la distensión per se que contribuyen con la regulación del consumo

**CUADRO 2. CAMBIOS PERIPARTURIENTOS EN EL CONSUMO, CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA DEL RUMEN, LLENADO RUMINAL Y METABOLITOS SANGUÍNEOS EN VACAS DE CARNE [53]**

Variable	Promedio de días antes y después del parto										Efecto		
	- 61	- 48	- 34	- 20	- 6	8	22	EE	L	Q	C		
Consumo de M. S.	8,8	9,5	10,0	10,4	11,1	12,2	14,9	0,64	< 0,01	0,02	0,11		
FAD indigestible, pasaje %/h	1,96	2,41	2,78	3,30	3,66	2,88	3,32	0,27	< 0,01	0,01	0,96		
Capacidad Ruminal,													
llenado	127	119	108	106	102	142	133	3,47	< 0,01	< 0,01	0,11		
Capacidad, l	58,4	60,7	61,1	58,3	53,2	71,2	75,8	2,44	< 0,01	< 0,01	0,01		
Llenado total, kg	46,5	51,9	57,3	55,5	53,1	51,0	58,9	2,32	0,02	0,23	< 0,01		
Llenado/capacidad, %	8,3	7,3	7,0	6,3	6,1	8,9	9,4	0,59	0,06	< 0,01	0,78		
Llenado M. S., kg	6,7	6,2	6,6	6,0	6,2	6,4	7,4	0,52	0,44	0,08	0,40		
Llenado MS/capacidad %	50,1	53,4	54,0	52,0	47,1	62,3	66,4	1,96	< 0,01	< 0,01	< 0,01		
Llenado liquido, l	39,9	45,7	50,7	49,5	47,0	44,6	51,5	1,89	< 0,01	0,05	< 0,01		
Llenado liq./capacidad, %													
Metabolito y hormonas <sup>1</sup>													
Glucosa, mg/dl	64,9	64,7	65,2	63,2	64,8	62,6	64,4	1,24	0,32	0,89	0,45		
Plasma urea N, mg/dl	19,1	19,3	21,3	21,2	20,7	21,7	23,5	1,02	< 0,01	0,77	0,26		
Estradiol sérico pg/ml	4,7	5,8	7,8	21,3	84,3	21,1	12,0	11,1	0,03	0,01	< 0,01		
Progesterona sérica, ng/ml	9,4	8,3	9,1	7,7	6,2	0,59	0,51	0,87	< 0,01	< 0,01	0,36		

<sup>1</sup> = Metabolitos y hormonas sanguíneas

de materia seca durante el período de transición; 2 días antes del parto el consumo de materia seca representa alrededor del 35 al 40% del consumo observado 3 días antes de comenzar la depresión del consumo una semana antes del parto (Cuadro 1), sin embargo la concentración plasmática de ácidos grasos libres comienza a elevarse antes de la depresión en el consumo [18, 20, 58].

Las causas para la disminución en el consumo de materia seca durante la última etapa del período de transición preparto han sido explicadas por una serie de adaptaciones metabólicas que ocurren durante la última etapa de la gestación; estas incluyen una aumentada gluconeogenesis hepática, reducida utilización de la glucosa por los tejidos periféricos, reducida utilización del acetato como fuente de energía y una ligeramente aumentada movilización de ácidos grasos no esterificados, subsecuentemente utilizados por los tejidos periféricos conjuntamente con el p-hidroxibutirato producido en el hígado, lo cual resulta en un incremento en la disponibilidad de glucosa para el metabolismo fetal y placentario, mientras que los tejidos maternos utilizan ácidos grasos no esterificados y cuerpos cetónicos (Cuadro 3) [6, 18]. Estas adaptaciones metabólicas parecen estar reguladas por mecanismos regulatorios, los cuales incluyen la interposición del control homeorrético, alterando las respuestas de los tejidos a los reguladores homeostáticos tales como la insulina y los agentes adrenérgicos.

El incremento en la movilización de ácidos grasos no esterificados durante el período de transición parece ser el resultado de un descenso en la síntesis *de novo* triglicéridos, o un descenso en la absorción y subsecuente reesterificación de ácidos grasos provenientes de los de triglicéridos por un incremento en la lipólisis o por una reducción en la reesterificación intracelular de los ácidos grasos producidos durante la lipólisis o por la combinación de estos cambios [6]. Además, estos cambios, están asociados con un descenso en la habilidad de la insulina para promover la lipogénesis y para oponerse a la lipólisis (Cuadro 3) [18, 59].

Las hormonas homeorréticas han sido implicadas como reguladores de estas adaptaciones metabólicas que ocurren durante la última etapa de la preñez; así por ejemplo, el estradiol-17  $\beta$  que muestra altas concentraciones en plasma durante la última etapa de la gestación, ha sido implicado en la reducción del consumo de materia seca de los rumiantes antes del parto así como también ha sido asociado con la mayor susceptibilidad para la movilización de ácidos grasos no esterificados desde el tejido adiposo durante este período de transición [19]. Adicionalmente, la concentración plasmática de ST comienza a aumentar durante la última etapa de la gestación, resultando sus acciones en una disminución en la rata de lipogénesis debido a una reducción en el número de receptores para la insulina en los adipocitos o por inhibición

CUADRO 3. METABOLITOS PLASMÁTICOS DURANTE EL PERIODO PERIPARTURIENTO DE VACAS LECHERAS [18]

Metabolito mg/100 ml	Tratamiento <sup>1</sup>	Prepartum			Postpartum	
		21 - 7 días	7 - 1 días	1 - 7 días	14 - 63 días	
		Media ± EE	Media ± EE	Media ± EE	Media ± EE	
Glucosa,	C	50,6 ± 0,6	58,5 ± 0,9	53,7 ± 1,1	54,6 ± 0,9	
	SC	57,7 ± 0,8	58,7 ± 1,3	55,7 ± 1,0	56,1 ± 6,2	
β-Hidroxibutirato	C	3,7 ± 0,1	3,5 ± 0,1	5,8 ± 0,4	5,1 ± 0,3	
	SC	3,9 ± 0,2	4,3 ± 0,5***	5,0 ± 0,4	4,8 ± 0,3	
Acidos grasos libres	C	5,8 ± 0,7	10,2 ± 0,9	22,0 ± 2,1	7,7 ± 0,6	
	SC	7,2 ± 1,4	12,2 ± 2,1	19,1 ± 1,9	6,4 ± 0,7	
Triglicéridos	C	24,1 ± 0,9	23,1 ± 1,3	14,0 ± 0,4	16,2 ± 0,8	
	SC	21,1 ± 1,2	20,9 ± 1,2**	15,2 ± 0,7	17,0 ± 1,2	
Colesterol total	C	137,4 ± 11,1	113,7 ± 6,5	112,9 ± 5,3	199,0 ± 9,9	
	SC	127,5 ± 12,0	114,1 ± 12,0	107,6 ± 9,9	178,1 ± 9,9	
Insulina µU/ml	C	25,9 ± 2,7	32,1 ± 7,1	30,7 ± 8,7	23,1 ± 3,9	
	SC	31,8 ± 3,9	36,3 ± 5,0	30,9 ± 4,2	33,7 ± 4,4	

<sup>1</sup>- Tratamiento: C = Control; SC = Sobrecondicionada. Incluye vacas recibiendo Acido Nicotínico.

\*\* (P < 0,05).

\*\*\* (P < 0,01).

de la acción del segundo mensajero para la acción de la insulina o definitivamente al ser inhibida por la ST la proteasa que desdobra la insulina y que es necesaria para las acciones normales de la insulina. A través de estas acciones la ST es el mayor regulador de las adaptaciones metabólicas durante la transición desde el término de la preñez a la lactancia [39].

Factores psicogénicos, los cuales envuelven las respuestas del comportamiento de las vacas a factores inhibitorios o estimulatorios presentes en el alimento o en el ambiente donde las vacas se alimentan, también han sido descritos como moduladores del consumo de materia seca. La palatabilidad, las interacciones sociales y el comportamiento de aprendizaje son componentes integrales de la modulación psicogénica del consumo [41]. Un óptimo consumo de materia seca durante el período de transición ocurrirá solamente si el manejo de la alimentación de las vacas agrupa aquellas con un mismo comportamiento alimenticio [22].

## V. CARACTERÍSTICAS DIETÉTICAS ASOCIADAS AL CONSUMO DURANTE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN

La composición de la dieta y el contenido de nutrientes de la misma son factores que pueden influenciar el consumo de materia seca preparto, así por ejemplo cuando la energía neta para lactación fue incrementada de 1,3 a 1,54 Mcal/kg. de materia seca y la proteína cruda de 13 a 16%, 3 semanas antes del parto, las vacas incrementaron su consumo de materia seca en un 30 %; de ésta manera, aún cuando el consumo disminuyó durante la última semana antes del parto las vacas mantuvieron un consumo de 12,5 Kg. MS/d al momento del parto [17]. Otro factor que también parece afectar el consumo de materia seca es la proporción de concentrados en la dieta; vacas consumiendo una dieta con el 20% de concentrados durante 28 días antes del parto tuvieron un mayor consumo de 28 a 11 días antes del parto que vacas que solo consumían un 5% de concentrado [35]. Utilizando una razonable proporción de alimento concentrado en la dieta preparto se promueve el desarrollo de las papilas ruminales y así incrementa la capacidad de absorción de los ácidos grasos volátiles; de esa forma disminuye la acumulación de ácidos grasos volátiles en el rumen, aumenta el pH en el rumen y disminuye la susceptibilidad a la acidosis y en consecuencia el consumo de materia seca aumenta [14].

Ha sido establecido que en la medida que aumenta la densidad energética de la dieta ofrecida durante el período seco, en la misma manera aumenta el consumo de materia seca. Estimulando el consumo de carbohidratos fermentables por ejemplo utilizando alimento concentrado en la dieta preparto, se consigue una mayor producción de ácido propiónico en el rumen; como re-

sultado la producción hepática de glucosa aumenta y ello puede de alguna manera disminuir la depleción de glicógeno durante el período de transición. Adicionalmente, si las vacas fuesen sensibles a la insulina durante la proximidad al parto entonces, la movilización de lípidos desde el tejido adiposo y la depresión de glicogeno hepático serían eliminados [23, 24, 25].

Ha sido recomendada la utilización de grasa como suplemento para reducir la movilización de ácidos grasos desde el tejido adiposo durante el período de transición y durante la lactancia temprana, sin embargo la concentración plasmática de ácidos grasos no esterificados, generalmente aumenta cuando se suplementa con grasa debido a una mayor liberación de estos ácidos grasos del tejido adiposo, resultantes de un incremento en la lipólisis basal o de una disminución en la reesterificación de los ácidos grasos o en ambas [11, 24, 26]

Otras consideraciones sobre las estrategias para alimentar las vacas durante el período de transición han sido asociadas con la manipulación del consumo de proteína de la vaca periparturienta; de ésta manera, mejorando el nivel de aminoácidos de la vaca en transición, se puede afectar positivamente el rendimiento productivo. Un déficit de proteína dietética puede causar depresión en las reservas maternas, con lo cual se comprometería la lactancia, la salud y la reproducción de las vacas [57]. Además, mejorando el nivel de aminoácidos se tiene un efecto positivo en el sistema endocrino que resulta en un aumento de las concentraciones séricas de prolactina, insulina y somatotropinas [10]. Sin embargo, ha sido reportado que aumentando el nivel de proteína sobrepasante de 6 a 9%, 2 semanas antes del parto y hasta 16 semanas postparto, se produce un incremento en la concentración sanguínea de IGF-I y un descenso de la ST durante el período postparto [33]. Más aún, novillas alimentadas con dietas conteniendo harina de sangre para mejorar el contenido de proteína cruda de 12,4 a 15,3 % y la proteína no degradable en el rumen de 27 a 39 %, durante las tres últimas semanas preparto mantuvieron un alto valor de condición corporal (3,25 en escala de 1 a 5), produjeron mayor cantidad de leche y tuvieron menor número de servicios por concepción para la subsiguiente lactancia [57].

## VI. CAMBIOS METABÓLICOS QUE OCURREN DURANTE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN DE LAS VACAS

Las vacas durante el ciclo de la lactancia presentan un período crítico donde ocurren importantes cambios en el metabolismo; este período crítico con una duración de 20 a 30 días ejerce una mayor influencia sobre el rendimiento productivo durante la lactancia completa. El período ha sido definido

comenzando 27 días antes del parto y extendiéndose hasta 14 días después del parto [43].

Los cambios fisiológicos que ocurren durante este período crítico tienen un gran impacto sobre la salud de las vacas, así como también sobre la forma como los nutrientes son utilizados durante la subsecuente lactancia. La transición entre el final de la preñez y el inicio de la lactancia produce un enorme desafío metabólico a las vacas y está marcado por cambios en el nivel endocrino para acomodar el parto y la lactogénesis. Estos cambios influyen en el metabolismo tisular y la utilización de los nutrientes, razón por la cual estrategias nutricionales y otras referidas al manejo, para facilitar una satisfactoria transición de la vaca periparturienta, deberían estar basadas en un profundo entendimiento de la calidad y cantidad de nutrientes requeridos para soportar el desarrollo fetal durante el final de la gestación y la síntesis de leche durante el inicio de la lactancia. De ésta manera, es de importancia fundamental considerar la regulación homeorrética de los cambios metabólicos en otros tejidos diferentes del útero y de la glándula mamaria, tales como el hígado y el tejido adiposo [6].

La utilización de una relativamente alta proporción de la energía para la síntesis de leche y para el mantenimiento corporal, demanda: 1) un ciclo de almacenamiento o conservación de la energía durante la preñez; 2) movilización de lípidos e incremento del consumo de alimento durante la lactancia y; 3) recuperación de la grasa corporal subcutánea al final de la lactancia. Durante el período de transición, una serie de adaptaciones toman lugar en los órganos endocrinos y tejidos maternos para suplir precursores de la leche y compuestos generadores de energía a la glándula mamaria; así por ejemplo, en el tejido adiposo la tasa de reacciones anabólicas disminuye durante el final de la gestación y es más aún reducida a través de la primera etapa de la lactancia. Estas adaptaciones en el tejido adiposo son coordinadas por el sistema nervioso central a través de los órganos endocrinos y del sistema nervioso simpático; estos mecanismos regulatorios incluyen predominantemente un control homeorrético sobre los reguladores homeostáticos [6, 39].

Las adaptaciones durante el final de la preñez incluyen cambios en el metabolismo de los nutrientes maternos con un incremento en la tasa de producción de glucosa en todo los órganos donde ocurre síntesis, principalmente gluconeogénesis en el hígado, un descenso en la utilización de la glucosa por los tejidos periféricos y un aumento en la concentración plasmática de ácidos grasos no esterificados y cuerpos cetónicos estos se hacen más evidentes cuando se acerca el parto y se encuentran realmente exagerados si el consumo de energía es voluntaria o involuntariamente restringido [46]. Adicionalmente, existe también un incremento en la síntesis de proteína y un redu-

cido catabolismo de aminoácidos en el hígado además de una mayor predisposición a la proteólisis muscular [6].

La transición entre la preñez y la lactancia está bien marcada por el agudo incremento en la movilización de ácidos grasos no esterificados desde el tejido adiposo durante y después del parto (Cuadro 3) [18]. Las concentraciones plasmáticas de ácidos grasos no esterificados en vacas lactantes, están positivamente correlacionadas con la rata de entrada de estos ácidos grasos a la circulación sanguínea, la cual es representativa de la movilización de grasa del tejido adiposo y por consiguiente de la pérdida de grasa corporal. Es importante destacar que alrededor del 50% de los ácidos grasos que entran a la circulación son oxidados o incorporados a los triglicéridos de la leche [4, 16, 47].

En rumiantes periparturientos, la incrementada movilización de ácidos grasos no esterificados ha sido relacionada con la supresión *de novo* síntesis o la reducción en la absorción y posterior esterificación de los ácidos grasos libres para formar triglicéridos, por la promoción de la lipólisis, por una reducción en la reesterificación intracelular de los ácidos grasos liberados por lipólisis o por una combinación de estos cambios metabólicos [6]. La reesterificación intracelular de los ácidos grasos hidrolizados es mínima inmediatamente después del parto, lo que podría representar la mayor liberación neta de ácidos grasos no esterificados desde el tejido adiposo durante el inicio de la lactancia debido a que a partir de este momento la lipólisis basal permanece estable; sin embargo la aumentada estimulación adrenérgica de la lipólisis durante y alrededor del parto puede ser responsable de las altas concentraciones de ácidos grasos no esterificados [25, 40]. Durante la fase inicial del período postparto, las altas demandas de la glándula mamaria por glucosa para soportar la síntesis de lactosa, dominan el metabolismo de los carbohidratos. El flujo sanguíneo a la glándula mamaria, el consumo de oxígeno y la absorción de glucosa y acetato aumentan marcadamente entre 2 y 0.5 a 1 día antes del parto; la mayor absorción de glucosa, la magnitud y el tiempo de este incremento implican el establecimiento de la secreción de leche, debido a que la glucosa es requerida para la síntesis de lactosa y la lactosa es el más importante soluto osmótico de la leche [13].

Durante el período postparto y hasta el pico de la lactancia grandes cantidades de glucosa provienen de la gluconeogenesis hepática del propionato y los aminoácidos dietéticos, del glicerol liberado por lipólisis del tejido adiposo, del lactato de origen dietético y endógeno y finalmente de la proteína tisular movilizada siendo ésta última crucial entre 1 a 5 semanas después del parto [3]. Durante las 5 a 8 primeras semanas de lactancia, las vacas caen en un balance negativo de energía y las concentraciones circulantes de ácidos grasos no esterificados son relativamente altas. La absorción de estos ácidos grasos

libres por la glándula mamaria puede representar una significativa fracción para la síntesis de grasa de la leche; adicionalmente, otro recurso de ácidos grasos para el metabolismo mamario son las lipoproteínas de muy baja densidad, las que son producidas a partir de los ácidos grasos no esterificados liberados por lipólisis y absorbidos por el hígado [25, 42].

## VII. MECANISMOS DE REGULACIÓN METABÓLICA DURANTE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN

Durante el período de transición existe una disminuida sensibilidad a la acción de la insulina para la utilización de la glucosa por el organismo en general, además de una disminuida respuesta a la insulina para evitar la lipólisis y la movilización de ácidos grasos no esterificados [6, 43, 46]. Sin embargo, la casi total supresión de la lipogénesis que ocurre después del establecimiento de la lactancia ha sido asociada con bajas concentraciones plasmáticas de insulina y a la casi completa pérdida de la respuesta del tejido adiposo a la insulina, en términos de la utilización de la glucosa y del acetato para la síntesis de ácidos grasos [40, 61].

Durante el período periparturiente las respuestas lipolíticas a los agentes adrenérgicos incluyendo las catecolaminas naturales son alterados. El efecto antilipolítico del factor autocrino/paracrino adenosina sobre el tejido adiposo es estimulado durante la lactancia temprana; esto indica que el efecto de los eventos periparturientes sobre la capacidad lipolítica del tejido adiposo representa un balance entre acciones opuestas de agentes lipolíticos ( $\alpha$ -adrenérgicos) y efectores antilipolíticos (agentes  $\beta$ -adrenérgicos, adenosina y otros factores) [6, 60]. Sin embargo, la ST que no es un agente lipolítico agudo aumenta la respuesta del tejido adiposo a la acción de los agentes  $\beta$ -adrenérgicos; la ST puede actuar alterando el número o la unión de los  $\beta$ -receptores, o la respuesta a la unión, o alterando la respuesta de los adipositos a la adenosina, removiendo parcialmente la acción antilipolítica de ésta y en esa forma incrementar la lipólisis durante el inicio de la lactancia [5, 39].

Las hormonas homeorréticas (Cuadro 4) han sido descritas como los reguladores de la mayoría de las adaptaciones metabólicas que comienzan días o semanas antes del parto y que son responsables de los cambios endocrinos que inician y sostienen la lactogénesis, además ejercen funciones como son el parto y la partición de nutrientes para el tejido adiposo, hígado y músculo esquelético. El estradiol-17 $\beta$ , que incrementa hasta alcanzar su pico 1 a 2 semanas antes del parto, ha sido implicado en la reducción del apetito que ocurre al final de la gestación de los rumiantes, así como también del aumento en la

**CUADRO 4. MEDIAS CUADRÁTICAS Y ERROR ESTANDAR PARA LAS CONCENTRACIONES DE HORMONAS METABÓLICAS Y GLUCOSA SANGUÍNEA DE VACAS HOLSTEIN, DURANTE EL PERIODO DE TRANSICIÓN [20].**

Variables	Días preparto							Días postparto			
	-14	-7	-3	-1	0	1	3	7	14		
Somatotropina ng/ml	2,7 ± 0,7	2,5 ± 0,9	3,9 ± 1,1	6,4 ± 1,9	7,7 ± 3,0	5,6 ± 0,9	4,6 ± 0,7	4,8 ± 1,2	4,8 ± 0,9		
Insulina ng/ml	0,7 ± 0,01	0,7 ± 0,3	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,03	0,3 ± 0,8	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,8	0,5 ± 0,2		
IGF-I ng/ml	145,4 ± 9,5	152,4 ± 5,5	106,3 ± 13,8	84,5 ± 5,1	55,1 ± 5,6	56,9 ± 9,1	129,9 ± 8,4	140,9 ± 9,9	159,0 ± 7,6		
Prolactina ng/ml	9,20 ± 2,5	7,75 ± 2,4	7,67 ± 1,6	45,12 ± 5,2	57,78 ± 9,4	37,75 ± 9,1	10,06 ± 2,4	8,6 ± 2,3	21,29 ± 3,7		
Tiroxina, T4 ng/ml	99,1 ± 4,3	86,4 ± 3,5	59,4 ± 7,9	28,3 ± 5,8	75,7 ± 9,9	61,9 ± 6,5	91,57 ± 9,2	80,8 ± 1,7	80,7 ± 1,6		
Triiodotironina, T3 pg/ml	611,2 ± 9,7	487,1 ± 9,7	610,1 ± 9,9	326,7 ± 9,9	310,2 ± 7,7	471,3 ± 2,5	519,1 ± 6,8	536,7 ± 9,0	539,4 ± 7,6		
Progesterona ng/ml	-	-	-	-	18,3 ± 5,9	9,4 ± 2,7	3,1 ± 0,2	0,7 ± 0,3	1,0 ± 0,8		
Estradiol pg/ml <sup>1</sup>	21,2 ± 1,0	84,3 ± 9,1	159,9 ± 9,3	173,3 ± 3,7	167,7 ± 7,7	64,5 ± 6,8	34,6 ± 2,3	21,1 ± 9,1	16,2 ± 1,3		
Glucose mg/dl	64,9 ± 2,5	68,33 ± 0,8	59,9 ± 3,6	63,9 ± 9,4	70,6 ± 6,6	65,7 ± 3,1	67,2 ± 2,4	70,5 ± 1,3	66,5 ± 0,5		

<sup>1</sup> = medias no ajustadas

susceptibilidad a la movilización de los ácidos grasos desde el tejido adiposo cualquiera que sea el consumo de alimento o el balance energético de los animales durante esa etapa final de la gestación [19]. Adicionalmente, la ST cuya concentración sanguínea aumenta al final de la preñez, alcanza el mayor pico al momento del parto para luego declinar hasta niveles moderadamente altos durante los primeros días de lactancia, ejerce una fuerte influencia galactopoyética una vez que la lactancia se ha establecido; además altera la respuesta de los tejidos a la insulina y a las catecolaminas, deprime la lipogénesis y la actividad de enzimas lipogénicas claves tales como la Acetil Co carboxilasa, la cual es la enzima primordial limitante en la síntesis de ácidos grasos a partir del acetato o de la glucosa. Sin embargo, es necesario destacar que la ST no altera la unión de la insulina con su receptor, pero de alguna manera a nivel post receptor la ST o inhibe la acción o inhibe la síntesis del segundo mensajero para la acción de la insulina [5]. Otro mecanismo a través del cual ST inhibe la acción de la insulina es alterando el ingreso de la insulina dentro de las células y su posterior degradación por una proteasa específica para la insulina, la cual es necesaria para su síntesis y acción normal [39].

La ST es un controlador homeorrético que regula la partición de nutrientes y así coordina el metabolismo de varios órganos y tejidos; los cambios en el metabolismo tisular envuelven efectos directos de la ST sobre algunos tejidos y efectos indirectos mediados por los somatomedinas dependientes de la ST (IGF-I e IGF-II) sobre otros tejidos [2]. Las concentraciones plasmáticas de IGF-I y II están parcialmente bajo el control de la ST. El nivel nutricional ha mostrado jugar el mayor papel en la regulación del eje somatotrópico en ambas especies, rumiantes y monogástricos; un alto consumo de energía deprime la concentración plasmática de ST, sin embargo el tratamiento con ST exógena restaura la concentración circulante de ST y aumenta la secreción de IGF-I en el hígado y otros tejidos diferentes del hígado [9].

Las bajas concentraciones de IGF-I durante la lactancia temprana están asociadas a un bajo balance nutricional de las vacas; esta correlación negativa entre el balance energético y la concentración circulante de IGF-I durante la etapa inicial de la lactancia, asociado al papel que la IGF-I tiene en la esteroidogénesis (estimula la proliferación de las células de la granulosa), han implicado a la IGF-I como mediador de los efectos del balance energético sobre la reproducción [38, 51, 52, 62]. Ha sido sugerido que el nivel energético (glucosa u otros metabolitos glucogénicos incluyendo los aminoácidos al menos para la gluconeogénesis) puede afectar la transcripción del ARNm para la síntesis de IGF-I, mientras que la proteína (aminoácidos) puede primordialmente controlar la traslación [38].

## VIII. LA CONDICIÓN CORPORAL DURANTE EL PERÍODO SECO Y DE TRANSICIÓN

Las vacas de la mayoría de los rebaños muestran un rango en tamaño y musculatura, de manera que la condición corporal (CC) ha llegado a ser una mejor medida de la grasa corporal y más confiable indicador del estado nutricional cuando se compara con el peso vivo. Aún cuando las vacas con más alta CC tienden a ser más pesadas, el peso corporal sólo, no es un buen estimador de la CC, debido a que el peso vivo es afectado por el llenado del tracto digestivo el cual depende de la calidad del forraje y del estado de preñez. Ha sido reportado que el contenido de agua, proteína, minerales, grasa y porcentaje de grasa del cuerpo de las vacas disminuyen desde la etapa preparto al postparto, mientras que el llenado del tracto gastrointestinal aumenta desde el preparto hasta 5 meses después del parto (Cuadro 2) [37, 53]. Han sido reportados valores de CC usando escalas de 1-9 y 1-5 para ganado de carne, leche y carne, respectivamente (Cuadro 5). La variación en la CC tiene varias implicaciones que pueden ser utilizadas para decisiones de manejo. El número de días para el primer celo post parto y la producción de leche están correlacionados con la CC de las vacas al parto, al igual que el número de servicios por concepción y el intervalo entre parto de las vacas están correlacionados con la CC al momento del servicio, finalmente el porcentaje de vacas vacías, el intervalo entre partos, la leche producida por la vaca y el peso al destete del becerro están estrechamente relacionados a la CC de las vacas al parto y al momento del servicio [15, 21, 34, 36].

Usualmente, la CC disminuye durante las etapas iniciales de la lactancia para luego ser recuperada a la mitad de la lactancia o un poco más tarde; sin embargo, el tiempo necesario para alcanzar el valor tope original difiere dependiendo del número de partos de las vacas, siendo para vacas de 1<sup>ra</sup> y 2<sup>da</sup> lactancia de 2 meses, mientras que las vacas de 3 o más lactancias necesitaron 4 meses (Cuadro 6) [63]. La relación entre la CC y la cantidad de leche corregida por grasa producida a los 90 días post parto resultó ser cuadrática; al mejorar la CC de 2 a 3 incrementó la producción de leche corregida en 322 Kg; aumentando la CC de 3 a 4 se produjo 33Kg. adicionales de leche corregida, pero el incremento de una unidad adicional en la CC (de 4 a 5) disminuyó la producción de leche corregida en 223Kg. [48, 63]. Una unidad de CC ha sido asociada con 438 Kg de producción de leche equivalente adulto y con 422 Kg por lactancia a 305 días; lo que sugiere que la CC ha sido usada como una medida de la movilización de lípidos que ocurre durante la fase inicial de la lactancia para soportar el aumento en la producción de leche.

CUADRO 5. CONDICIÓN CORPORAL PARA LAS VACAS DE CARNE Y/O LECHERAS<sup>1</sup>

CC carne	CC leche	Grasa corporal, %	Apariencia de las vacas
1	1	5,0	Vaca extremadamente emaciada, costillas, espina dorsal y cadera muy prominentes; tejido graso no visible
2	1+/2-	9,4	Vaca ligeramente emaciada, costillas, espina dorsal y cadera prominentes.
3	2	13,7	Vaca con costillas individuales visibles pero que no se pronuncian totalmente hacia fuera; pueden hacerse algunos undimientos en la espina dorsal.
4	2+/3-	18,1	Vaca en la que las costillas individuales no son obvias; presenta algo de grasa de cobertura sobre las costillas y los huesos de la cadera; se le puede sentir la espina dorsal pero no aguda.
5	3	22,5	Vaca a la que puede sentirse grasa de cobertura sobre las costillas y sobre ambos lados de la base de la cola ligeramente visible.
6	3+/4-	26,9	Vaca en la que es necesario ejercer presión para sentir la espina dorsal; puede sentirse considerable cantidad de grasa sobre las costillas.
7	4	31,2	Vaca en la que existe algún acumulo de grasa en el pecho, se siente esponjoso a la palpación de las costillas; se observan parchos de grasa alrededor de la base de la cola.
8	4+/5-	35,6	Vaca que muestra corpulencia, pecho lleno, gran cantidad de depositos de grasa sobre las costillas, espalda, base de la cola, vulva y cruz; no se le siente la espina dorsal.
9	5	40,0	Vaca extremadamente corpulenta de líneas romas donde la estructura osea no es visible ni tampoco palpable

<sup>1</sup> = Basado sobre un resumen de 14 estudios en la grasa del cuerpo vacío en hembras bovinas por George (1984) y el sistema de valor de condición corporal de Cantrell et al., (1982), citados por García [20].

**CUADRO 6. CONDICIÓN CORPORAL EN VACAS LECHERAS DE DIFERENTES LACTANCIAS DURANTE DOCE MESES [63]**

Lactancia	Meses de lactancia						
	0	2	4	6	8	10	12
1	3,15	2,73	2,91	3,00	3,35	3,35	3,25
2	3,23	2,83	2,80	3,00	3,30	3,40	3,50
3	3,23	2,83	2,65	2,91	3,20	3,40	3,45
4 ó más	3,40	2,65	2,50	2,73	2,95	2,85	3,35

Las vacas de primera lactancia, generalmente pierden peso corporal durante las 4 primeras semanas, pero la deficiencia energética se mantiene hasta la 13ª semana después del parto; por otro lado, las vacas de varios partos pierden peso corporal hasta la 7ª semana y el déficit energético continúa hasta la 8ª-15ª semana, lo que sugiere que la CC es un mejor indicador del estado energético que el peso corporal durante la lactancia temprana, quizás porque no es afectado por el llenado del tracto gastrointestinal como lo es el peso corporal [20, 32, 44, 54].

La CC al parto tiene un significativo efecto sobre los cambios en la CC post parto (Cuadro 7); vacas con CC al parto de 3 o 3,5 comenzaron a recuperar su condición original a las 10 semanas, mientras aquellas con CC de 4,0 se demoraron 12 semanas. Más aún, ha sido reportada la existencia de una interacción significativa entre el tiempo y CC al parto, lo que significa que el efecto del tiempo sobre la CC es afectado por la CC al parto de manera tal que vacas con mayor CC al parto ( $> 3,5$ ) parecieron perder CC por un mayor período de tiempo que las vacas con menor CC ( $> 3,25$ ) al parto (Cuadro 6) [1, 50]. Vacas con CC de 3, 3,5, y 4 al parto, tuvieron una máxima pérdida de 0,6, 0,8 y 1,05 unidades de CC respectivamente, lo que representa una pérdida de 165, 220 y 289 Mcal de  $EN_1$  para cada grupo de CC, asumiendo que un cambio en el peso corporal de 56 kg. se corresponde con una unidad de cambio en la CC y que está se corresponde con -4,92 Mcal  $EN_1$  [44].

Muchos estudios han indicado que vacas sobrecondicionadas parecen tener menor apetito postparto; sin embargo, si el consumo postparto de materia seca está correlacionado con el consumo preparto, es posible presumir que vacas sobrecondicionadas podrían comer menos durante el preparto [24]. Vacas con  $CC > 3,6$  presentaron un consumo de materia seca de aproximadamente

**CUADRO 7. EFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL AL PARTO (CC) SOBRE LA PÉRDIDA (PCC) O GANANCIA (GCC), Y CONDICIÓN CORPORAL MÍNIMA DURANTE LA LACTANCIA DE VACAS HOLSTEIN DE 13 REBAÑOS AGRUPADOS DE ACUERDO A LA CC AL PARTO [50].**

	PCC	GCC	Mínima CC
CC al parto <sup>1</sup>	Media ± EE	Media ± EE	Media ± EE
> 4,00	1,23 <sup>a</sup> ± 0,06	0,57 <sup>a</sup> ± 0,06	2,89 <sup>a</sup> ± 0,06
3,50 - 3,75	1,00 <sup>b</sup> ± 0,03	0,51 <sup>a</sup> ± 0,03	2,56 <sup>b</sup> ± 0,03
3,00 - 3,25	0,81 <sup>c</sup> ± 0,02	0,51 <sup>a</sup> ± 0,02	2,35 <sup>c</sup> ± 0,02
<3,00	0,49 <sup>d</sup> ± 0,04	0,58 <sup>a</sup> ± 0,58	2,16 <sup>d</sup> ± 0,04

<sup>abcd</sup> Medias en la misma columna con diferente superescrito difieren (P < 0,05)

<sup>1</sup> Ajustado por rebaño

1,5% del peso vivo, mientras que aquellas con CC <3,6 tuvieron un consumo del 2% del peso vivo [17].

El coeficiente de correlación entre la CC a los 17 días preparto y el consumo de materia seca a 1 día preparto y a 21 días post parto, calculada de tres estudios, fue 0.25 (P < 0.12) y -0.45 (P < 0.006) respectivamente, lo que sugiere que existe una relación entre la CC y el consumo preparto aún cuando ello no confirma una relación causa- efecto [24]. El consumo de alimento y la eficiencia en la utilización de la energía pueden ser mejorados si las vacas paren con una CC moderada de 3,0 en la escala de 1 a 5; para alcanzar esta meta, la densidad energética de la dieta preparto debe ser ajustada para lograr la CC deseada al parto. El rendimiento productivo de las vacas será afectado cuando las vacas paren con una CC pobre (<3) debido a la escasez de reservas corporales para soportar la demandas energéticas que le son exigidas para alcanzar el pico de su potencial de producción; contrariamente, vacas gordas (CC >4) sufrirán una elevada depresión en el consumo de materia seca y consecuentemente una excesiva pérdida de peso corporal, que podría inclusive derivar en problemas metabólicos en las vacas de muy alto potencial genético.

La CC también ha sido relacionada con los parámetros sanguíneos; vacas que parieron con una condición corporal de 4,0 presentaron más altas concentraciones plasmáticas de ácidos grasos no esterificados medidos 30 días post parto, mientras que en las vacas que parieron con una CC de 3 y 3,5 las concentraciones plasmáticas de ácidos grasos no esterificados fueron de 300 µeq/l, valores que han sido considerados como limitantes del consumo de ma-

teria seca; sin embargo las concentraciones de glucosa no estuvieron relacionadas con la CC al parto. Adicionalmente, las vacas con CC 4,0 presentaron menores concentraciones plasmáticas de insulina que las vacas con CC 3,0, hecho que está asociado con una mayor movilización de grasa en las vacas sobrecondicionadas [20, 44].

La grasa de la leche de las vacas que paren en CC 3,0 contiene mayor cantidad de ácidos grasos de cadena corta y menor contenido de ácidos grasos de cadena larga y de ácidos grasos insaturados, lo que indica que la CC al parto estuvo positivamente correlacionada con los componentes grasos de la leche derivados del tejido adiposo (ácidos grasos de cadena larga e insaturados) y negativamente asociada con los ácidos grasos sintetizados a partir del acetato producido durante la fermentación ruminal [44].

La velocidad e intensidad de las pérdidas de peso corporal durante la etapa inicial de la lactancia de vacas lecheras afecta el intervalo parto-primeira ovulación, el porcentaje de preñez, el intervalo parto-concepción y definitivamente la eficiencia reproductiva del rebaño (Cuadros 8, 9). Ha sido reportado que un alto porcentaje de vacas (90%) con una adecuada CC al parto (3,0 - 3,5), independientemente de las variaciones en el peso corporal antes y después del parto, presentan intervalos postparto de 60 días; mientras que vacas que paren con una moderada CC (2,0 - <3,0), que ganan peso antes del parto, muestran celo postparto a partir de los 60 días postparto (18 - 26 %), mientras que aquellas con CC corporal pobre (<2,0) que pierden peso antes y después del parto usualmente tienen un prolongado intervalo postparto y solamente el 25% de ellas reinician su actividad ovárica alrededor de los 80 días postparto [15].

#### CUADRO 8. EFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL AL PARTO (CC) SOBRE EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE VACAS HOLSTEIN DE 13 REBAÑOS [50]

CC	Servicios por vaca <sup>1</sup>	Primer estro <sup>1</sup>	Intervalo a Primer servicio <sup>1</sup>	Concepción <sup>2</sup>
	Media ± EE	Media ± EE	Media ± EE	Media ± EE
>4,00	1,54 <sup>a</sup> ± 0,25	53 <sup>a</sup> ± 6,14	83 <sup>ab</sup> ± 4,86	103 <sup>a</sup> ± 12,5
3,50 - 3,75	1,75 <sup>a</sup> ± 0,12	53 <sup>a</sup> ± 3,07	77 <sup>b</sup> ± 2,52	105 <sup>a</sup> ± 6,0
3,00 - 3,25	1,98 <sup>a</sup> ± 0,09	49 <sup>a</sup> ± 2,57	79 <sup>ab</sup> ± 1,90	117 <sup>a</sup> ± 4,6
<3,00	1,95 <sup>a</sup> ± 0,15	49 <sup>a</sup> ± 3,70	85 <sup>a</sup> ± 3,00	117 <sup>a</sup> ± 7,0

<sup>1</sup> Ajustado por rebaño

<sup>2</sup> Ajustado por rebaño y leche corregida por grasa a 305d.

<sup>ab</sup> Medias en la misma columna con diferente subscrito difieren ( P <0,05).

**CUADRO 9. RELACIÓN ENTRE CONDICIÓN CORPORAL (CC) AL PARTO, EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN VACAS MESTIZAS Y PRODUCCIÓN DE LECHE (N=416) [21].**

Calificativo CC (0/5)	No. de observaciones	Intervalo parto-servicio	Fertilidad al 1 <sup>er</sup> servicio %	Vacas vacías 100 d postparto	Producción de leche 100 d (G)
- 1	59	153,2 <sup>a</sup>	62,7	81,3 <sup>a</sup>	1004 <sup>a</sup>
1 - 2	72	136,6 <sup>a</sup>	61,1	61,1 <sup>b</sup>	1316 <sup>b</sup>
2+ - 3	121	113,0 <sup>b</sup>	63,6	23,1 <sup>c</sup>	1782 <sup>c</sup>
3+ - 4	96	88,6 <sup>b</sup>	58,3	22,9 <sup>c</sup>	1968 <sup>c</sup>
+4	68	120,5 <sup>b</sup>	54,4	29,4 <sup>c</sup>	1745 <sup>c</sup>

<sup>a,b,c</sup> P <0,05 / <sup>a,c</sup> P <0,01

Las hormonas que controlan la lactancia y el balance energético están directamente relacionadas con las hormonas que controlan la reproducción; el consumo de nutrientes y la CC influyen directamente sobre la actividad ovárica postparto y sobre la función del cuerpo lúteo para la liberación de LH por la hipófisis. El aumento en la CC está directamente asociado con un balance positivo de energía y el incremento en el balance energético está asociado con una elevación en las concentraciones circulantes de IGF-I durante las etapas iniciales de la lactancia (Cuadros 1, 5) [1, 20, 28, 49]. Este aumento en las concentraciones circulantes de IGF-I está asociado con un aumento en las concentraciones plasmáticas de progesterona ( $P_4$ ) durante el diestro del primer y segundo ciclo estral post parto, sin embargo el aumento de la producción de leche hacia el pico de la lactancia está asociado con un balance energético negativo y una disminución de las concentraciones plasmáticas de IGF-I [8, 51]. Esta aseveración sugiere que aumentando el consumo de materia seca antes del parto e inmediatamente durante la lactancia temprana podría ser una vía para incrementar el balance energético y mantener elevadas las concentraciones circulantes de IGF-I durante ese período crítico; como resultado podría esperarse que la secreción de  $P_4$  aumentaría y con ello podría incrementarse la actividad ovárica durante la primera etapa de la lactancia, lo cual sería útil para acortar el intervalo al primer celo post parto y probablemente el intervalo entre partos. Sin embargo, otros investigadores han reportado que la CC al parto por encima de 2.0 en una escala de 0 a 5 no tuvo efectos sobre la respuesta a los tratamientos reproductivos de vacas con anestro después de 90 días post parto y/o en la ciclicidad post parto [29, 48].

La CC puede ser utilizada para tomar decisiones de manejo en la finca. Debido a que la CC es afectada por una serie de factores tales como: la carga animal, la presión de pastoreo, la especie forrajera, el manejo del forraje, la época de parto, la edad al destete o la época de secado, el uso de suplementos, factores genéticos, factores ambientales, ecto y endoparasitos, enfermedades, etc., el manejo de las fincas ganaderas requiere que sean evaluadas muchas alternativas de manejo con el objeto de ajustar la situación actual en cada rebaño. Decisiones como ajustes en la carga animal o en la presión de pastoreo, la fertilización, el uso de alimentos suplementarios, la distribución de los grupos de animales, etc., pueden utilizar los valores de CC de las vacas como información útil sobre el estado nutricional del rebaño y el de vacas individuales dentro del rebaño. Problemas dentro del rebaño pueden ser identificados a través de la CC, como por ejemplo, la tasa de preñez del rebaño aumenta cuando las vacas muestran una condición corporal por encima del promedio (Cuadros 8, 9) (>3 en la escala de 1 a 5; 5 en la escala de 1 a 9), en respuesta a la utilización de pastos mejorados de buena calidad nutritiva [21, 34].

## IX. ESTRATEGIAS DE MANEJO PARA MEJORAR LA CONDICIÓN CORPORAL DURANTE EL PERÍODO SECO.

Es recomendable que las vacas lleguen al parto con una CC corporal moderada, no menor de 3,0 ni mayor de 3,5 con una pérdida aceptable de 1 unidad de CC durante la etapa inicial de la lactancia (5 a 8 semanas); para ello es necesario evaluar la CC a través del ciclo productivo de las vacas comenzando 3 a 4 semanas después del parto para juzgar la importancia de la movilización de tejido de reserva y corregir las vacas en situación crítica; al momento del servicio par aumentar la expresión y detección del celo y aumentar la fertilidad de las vacas disminuyendo el número de servicios por concepción; al momento del secado y al final del período seco para corregir el estado nutricional de aquellas vacas que disminuyen su CC durante el período seco. Si el rango entre la CC del rebaño de vacas secas es muy alto, es una práctica útil separar las vacas delgadas ( $CC < 3.0$ ) y manejarlas por separado.

En la mayoría de las situaciones de las fincas ganaderas es económicamente prohibitivo suplementar a todo el rebaño con alimento concentrado, más aún cuando sólo un porcentaje del mismo responde a un mayor nivel nutricional. Una estrategia de manejo viable es manejar por separado las vacas con pobre CC ( $< 3$ ), lo cual debe ser comenzado inmediatamente después del secado o del destete del becerro a fin de lograr mejorar el estado nutricional en un período no mayor de 2 a 4 meses antes del parto. Al manejar el rebaño de vacas escoterías, es recomendable la utilización de un sistema de pastoreo

de punteros y seguidores, donde las vacas con pobre CC deben iniciar el pastoreo de los potreros de mejor calidad, para luego ser seguidos por las vacas de adecuada CC para que completen el pastoreo sin llegar al sobrepastoreo del potrero. En caso de que aún sea necesaria la utilización de alimento suplementario, se recomienda administrarlo en un bajo nivel y por un mayor período de tiempo para alcanzar una mejor respuesta al suplemento; esto es debido a que altos niveles de suplementación reducen el consumo voluntario y la digestibilidad de los forrajes pudiendo incluso llegar a substituir los nutrientes del mismo.

Es necesario ajustar la presión de pastoreo y tratar de que las vacas paren durante las épocas del año cuando existe la mayor producción de pastos: cuando el contenido proteico de los pastos es inferior a 7% o la relación NDT/PC es mayor de 7, utilice un suplemento balanceado de alta energía, que provea al menos 100 a 150 gr de PC/vaca/día en pastoreo. Una vaca de tamaño promedio necesita ganar 35 Kg para mejorar la CC de 4.0 a 5,0 (de 2,5± a 3,0 en ganado lechero) y requerirá aproximadamente 150 Kg de NDT de un suplemento de alta energía, además del forraje de buena calidad [34].

En conclusión, las evidencias soportan el concepto del período seco como un componente esencial para la preparación de la lactancia y no como un simple período de reposo entre lactancias. El inicio de la lactancia impone un dramático incremento en los requerimientos de glucosa, aminoácidos y ácidos grasos que no logran ser reunidos a través del consumo dietético y que conllevan a una serie de adaptaciones en el tejido adiposo, hígado y músculo esquelético, originando una casi total supresión de la lipogénesis, estimulando la lipólisis con una marcada movilización de ácidos grasos libres y un mayor incremento en la gluconeogénesis hepática. Un buen rendimiento productivo y reproductivo requiere de una moderada CC al parto (3,0 - 3,5) y al momento del servicio. El uso rutinario de la CC en cada rebaño proveerá de la información necesaria para manejar el rebaño de vacas de alta producción de leche y de becerros y consecuentemente para obtener una mayor eficiencia reproductiva con un elevado rendimiento económico de la explotación.

## X. LITERATURA CITADA

- [1] Atencio, A.; López, S.; Garmendia, J.; Vásquez, L. A. Efecto de la suplementación con aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis*) y harina de pescado sobre la condición corporal postparto y la producción lechera en vacas mestizas en Trópico sub-húmedo. Rev. Científica Fac Cs. Veter. VI (3): 177- 186. 1996.
- [2] Bauman, D. E. Bovine somatotropin: Review of an emerging animal technology. J. Dairy Sci. 75: 3432-3451. 1992.

- [3] Bauman, D.E.; Elliot, J.M. Control of nutrient partitioning in lactating ruminants. In: T. B. Mephan (Ed.). *Biochemistry of lactation* Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. pp 437. 1983.
- [4] Bauman, D.E.; Peel, C.J.; Steinhour, W.D.; Reynolds, P.J.; Tyrrell, H.F.; Brown, A.C.G.; Haaland, G.L. Effect of bovine somatotropin on metabolism of lactating dairy cows: influence on rates of irreversible loss and oxidation of glucose and nonesterified fatty acids. *J. Nutr.* 118: 1031-1040. 1988.
- [5] Bauman, D.E., Vernon, R.G. Effects of exogenous bovine somatotropin on lactation. *Ann. Rev. Nutr.* 13: 437-445. 1993.
- [6] Bell, A.W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 73: 2804-2819. 1995.
- [7] Bertics, S. J.; Grummer, R. R.; Cadorniga-Valino, C.; Stoddard, E. E. Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J. Dairy Sci.* 75: 1914-1922. 1992.
- [8] Bishop, D. K.; Wetterman, R. P.; Spicer L.J. Body energy reserves influence the onset of luteal activity after early weaning of beef cows. *J. Anim. Sci.* 72: 2703-2708. 1994.
- [9] Breier, B. H.; Bass, J. J.; Butler, J. H.; Gluckman, P. D. The somatotropic axis in young steers: Influence of nutritional status on pulsatile release of growth hormone and circulating concentrations of insulin like growth factor-1. *J. Endocrinol.* 111:209-217. 1986.
- [10] Chew, B.P.; Murdock, F.R.; Riley, R.E.; Hillers, J.K. Influence of prepartum dietary crude protein on growth hormone, insulin, reproduction and lactation of dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 67: 270-275. 1984.
- [11] Chilliard, Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants pigs and rodents. A review. *J. Dairy Sci.* 76: 3897-3931. 1993.
- [12] Coppock, C.E.; Noller, C.H.; Wolfe, S.A.; Callhan, C.J.; Baker, J.S. Effect of forage concentrate ratio in complete feeds fed ad libitum on feed intake prepartum and the occurrence of abomasal displacement in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 55: 783- 792. 1972.
- [13] Davis, A. J.; Fleet, I. R.; Goode, J. A.; Hamon, M. H.; Maule-Walker, F. M.; Peaker, M. Changes in mammary function at the onset of lactation in the goat: correlation with hormonal changes. *J. Physiol.* 188: 33-43. 1979.
- [14] Dirksen, G.U.; Liebich, H.G.; Mayer, E. Adaptative changes of the ruminal mucose and their functional and clinical significance. *Bovine Pract.* 20:116-127. 1985.
- [15] Dunn, T. G.; Moss, G. E. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J. Anim. Sci.* 70: 1580-1586. 1992.
- [16] Dunshea, F.R.; Bell, A.W.; Trigg, T.E. Relations between plasma non-esterified fatty acids metabolism and body tissue mobilization during chronic undernutrition in goats. *Br. J. Nutr.* 60: 633-645. 1988.
- [17] Emery, R.S. Energy needs of dry cows. In: *Proc. Tri-State Dairy Nutr. Conf.* Ohio State Univ , Michigan State Univ , and Purdue Univ , Ft Wayne, IN. pp 35. 1993.
- [18] Fronk, T. J.; Schultz, L. H.; Hardie, A. R. Effect of dry period overconditioning on subsequent metabolic disorders and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 63: 1080-1090. 1980.

- [19] Forbes, J. M. The effects of sex hormones, pregnancy and lactation on digestion, metabolism, and voluntary food intake. In: L. P. Michigan, W. L. Grovum and A. Dobson (Ed.) *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. pp. 420-435. 1986.
- [20] Garcia-Gavidia, A. N. Use of bovine somatotropin (bST) in management of growing heifers and transition cows to improve growth rates and milk production. PhD thesis. University of Florida. 1998.
- [21] González-Stagnaro, C. Porque un productor progresista debe evaluar continuamente la condición corporal o estado de gordura de sus vacas. *Venezuela Bovina*, 7 (23):45-48. 1993.
- [22] Grant, R. J.; Albright, J. L. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73: 2971-2803. 1995.
- [23] Grum, D. E.; Drackley, J. K.; Younker, R. S.; LaCount, D. W.; Veenhuizen, J. J. Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:1850-1864. 1996.
- [24] Grummer, R.R. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition cow. *J. Anim. Sci.* 73: 2820-2833. 1995.
- [25] Grummer, R.R. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76: 3882-3890. 1993.
- [26] Grummer, R.R.; Carroll, D.J. Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 69: 3838-3848. 1991.
- [27] Grummer, R.R.; Hoffman, P.C.; Luck, M.L.; Bertics, S.J. Effect of prepartum and postpartum dietary energy on growth and lactation of primiparous cows. *J. Dairy Sci.* 78:172-180. 1995.
- [28] Harseing, W. Condición corporal, producción de leche y reproducción en el ganado vacuno. *Recientes Avances en Nutrición de Rumiantes* Ed. Acribia. Zaragoza España. 1989.
- [29] Hernández F., H.; Soto B., E.; Villamediana M., P.; Cruz A., R.; Aranguren, J.; Alvarado M., M. Evaluación de tratamientos del anestro post-parto en vacas mestizas. Factores que lo afectan. *Rev. Cient. Facultad Ciencias Veterinarias, LUZ.* V (1): 47-53. 1995.
- [30] Holst, B. D.; Hurley, W. L.; Nelson D. R. Involution of the bovine mammary gland: histological and ultrastructural changes. *J. Dairy Sci.* 70: 935-944. 1987.
- [31] Johnson, D. G.; Otterby, D. E. Influence of dry period diet on early postpartum health, feed intake, milk production and reproductive efficiency of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 64: 290-298. 1981.
- [32] Kertz, A.F.; Reutzel, L.F.; Thomson, G.M. Dry matter intake from parturition to mid lactation. *J. Dairy Sci.* 74: 2290-2295. 1991.
- [33] Komaragiri, M.R.; Erdman, R.A.; Sharma, B.K.; Vandehaar, M. J. Effect of diet undegraded intake protein (UIP) on plasma concentration of growth hormone (GH), insulin like growth factor-1 (IGF-1), and insulin like growth factor binding proteins (IGFBP's) in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77:183 (Abstr.). 1994.
- [34] Kunkle, W. E.; Sand, R. S.; Rae, D. O. Effect of body condition on productivity in beef cattle. *International Conference on Livestock*. Gainesville. 135-144. 1997.

- [35] Kunz, P. L.; Blum, J. W.; Hart, I. C.; Bickel, H.; Landis, J. Effects of different energy intakes before and after calving on food intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. *Anim. Prod.* 40: 219-225. 1985.
- [36] López, S.; Alvarado, N. Funcionalidad de la condición corporal para estimar comportamiento reproductivo en bovinos de carne. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*. 8: 285-292. 1992.
- [37] Martín, R.A.; Ehle, F.R. Body composition of lactating and dry Holstein cows estimated by deuterium dilution. *J. Dairy Sci.* 69: 88-98. 1986.
- [38] McGuire, M. A.; Bauman, D. E.; Miller, M. M.; Hartnell, G. F. Response of somatomedins (IGF-I and IGF-II) in lactating cows to variations in dietary energy and protein and treatment with recombinant n-methionyl bovine somatotropin. *J. Nutr.* 122: 128-138. 1992.
- [39] McNamara, J. P. Role and regulation of metabolism in adipose tissue during lactation. *J. Nutr. Biochem.* 6: 120-129. 1995.
- [40] McNamara, J. P.; Hillers, J. K. Adaptations in lipid metabolism of bovine adipose tissue in lactogenesis and lactation. *J. Lipid. Res.* 27: 150-157. 1986.
- [41] Mertens, R.D. Regulation of forage intake. In: G. C. Fahey, Jr. (Ed) *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. American Society of Agronomy, Madison, WI. 1994.
- [42] Miller, P.S.; Reis, B.L; Calvert, C.C.; DePeters, E.J.; Baldwin, R.L. Relationship of early lactation and bovine somatotropin on nutrient uptake by cow mammary glands. *J. Dairy Sci.* 74: 3800-3807. 1991.
- [43] Nocek, J.E. Nutritional considerations for the transition cow. *Nutrition conference Cornell*. 122-137. 1996.
- [44] Pedron, O.; Cheli, F.; Senatore, E.; Baroli, D.; Rizzi, R. Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk fatty acid composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:2528-2535. 1993.
- [45] Petterson, J.A.; Dunshea, F.R.; Ehrhardt, R.A.; Bell, A.W. Pregnancy and undernutrition alter glucose metabolic response to insulin in sheep. *J. Nutr.* 123: 1286-1295. 1993.
- [46] Petterson, J.A.; Slepetic, A.R.; Ehrhardt, R.A.; Dunshea, F.R.; Bell, A.W. Pregnancy but not moderate undernutrition attenuates insulin suppression of fat mobilization in sheep. *J. Nutr.* 124: 2431-2439. 1994.
- [47] Pullen, D.L.; Palmquist, D.L.; Emery, R. S. Effects of days of lactation and methionine hydroxy analog on incorporation of plasma fatty acids into plasma triglycerides. *J. Dairy Sci.* 72: 49-55. 1989.
- [48] Ramírez I.; Soto B., E.; González-Stagnaro, C. Ciclicidad postparto en vacas mestizas lecheras del piedemonte andino Venezolano. *Revista Científica Facultad Ciencias Veterinarias (LUZ)*. IV (2): 107-112. 1994.
- [49] Rasby, R. J.; Wetterman, R. P.; Leeiser, R. D.; Wagner, J. J.; Lusby, K. S. Influence of nutrition and body condition on pituitary and thyroid function of non-lactating beef cows. *J. Anim. Sci.* 69: 2073-2080. 1991.
- [50] Ruegg, P. L.; Milton, R. L. Body condition scores of Holstein cows on Prince Edward Island, Canada: Relationships with yield, reproductive performance, and disease. *J. Dairy Sci.* 78: 552-564. 1995.

- [51] Spicer, L. J.; Tucker, W. B.; Adams, G. D. Insulin-like growth factor-1 in dairy cows: relationships among energy balance, body condition, ovarian activity, and estrous behavior. *J. Dairy Sci.* 73: 929-937. 1990.
- [52] Spicer, L. J.; Vernon, R. K.; Tucker, W. B.; Wettemann, R. P.; Hogue, J. F.; Adams, G. D. Effects of inert fat on energy balance, plasma concentrations of hormones, and reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76: 2664-2673. 1993.
- [53] Stanley, T.A.; Cochran, R.A.; Vanzant, E.S.; Harmon, D.L.; Corah, L.R. Periparturient changes in intake, ruminal capacity, and digestive characteristics in beef cows consuming alfalfa hay. *J. Anim. Sci.* 71: 788-795. 1993.
- [54] Staples, C. R.; Thatcher, W. W.; Clark, J. H. Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high production dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73: 938-947. 1990.
- [55] Tucker, H. A. Quantitative estimates of mammary growth during various physiological states: A review. Symposium: Mammary growth. *J. Dairy Sci.* 70: 1958-1966. 1987.
- [56] Van Saun, R. J. Dry cow nutrition. The key to improving fresh cow performance. *Veterinary Clinic of North America: Food and Animal Practice* 7 (2): 599-620. 1991.
- [57] Van Saun, R.J.; Idleman, S.C.; Sniffen, C.J. Effect of undegradable protein amount fed prepartum on postpartum production in first lactation Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76: 236-244. 1993.
- [58] Vasquez-Añon, M.S.; Bertics, S.; Luck, M.; Grummer, R.R. Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77: 1521-1528. 1994.
- [59] Vernon, R.G.; Faulkner, A.; Hay, J. W.W.; Calcert, D.T.; Flint, D.J. Insulin resistance of hind-limb tissues in vivo in lactating sheep. *Biochem. J.* 270: 283-290. 1990.
- [60] Vernon, R.G.; Finley, E.; Watt, P.W. Adenosin and the control of adrenergic regulation of adipose tissue lipolysis during lactation. *J. Dairy Sci.* 74:695-701. 1991.
- [61] Vernon, R.G.; Taylor, E. Insulin, dexamethasone and their interactions in the control of glucose metabolism in adipose tissue from lactating and nonlactating sheep. *Biochem. J.* 256: 509-517. 1988.
- [62] Vicini, J. L.; Buonomo, M.; Veenhuizen, J. J.; Miller, M. A.; Clemons, D. R.; Collier, R. J. Nutrient balance and stage of lactation affect responses on insulin, insulin-like growth factors I and II, and insulin-like growth factor-binding protein 2 to somatotropin administration in dairy cows. *J. Nutr.* 121: 1656-1664. 1991.
- [63] Waltner, S. S.; McNamara, J. P.; Hillers, J. K. Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 76: 3410-3419. 1993.
- [64] Zamet, C.N.; Colembrander, V.F.; Callaham, C.J.; Chew, B.P.; Erb, R.E.; Moeller, N.J. Variables associated with peripartum traits in dairy cows. II. Interrelationships among disorders and their effects on intake of feed and on reproductive efficiency. *Theriogenology* 11: 245-257. 1979.