

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Aspectos generales de la alimentación de las vacas Holstein en el período de transición

Por:

Ángel Armando Navarro Sepúlveda

MONOGRAFIA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Aspectos generales de la alimentación de las vacas Holstein en el período de transición

Por:

Ángel Armando Navarro Sepúlveda

MONOGRAFIA

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Presidente

Dr. Rafael Rodríguez Martínez
Vocal

M.V.Z. Othón Parra Meraz
Vocal

MC. José Luis Francisco Sandoval Elias
Vocal suplente

Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Octubre 2025

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Aspectos generales de la alimentación de las vacas Holstein en el período de transición

Por:

Ángel Armando Navarro Sepúlveda

MONOGRAFIA

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Asesor Principal

Dr. Rafael Rodríguez Martínez
Coasesor

M.V.Z. Othón Parra Meraz



MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2025

Agradecimiento

Primeramente, a Dios que acompañado de su amor y bondad tuve una excelente experiencia en la universidad donde se termina otro objetivo en mi vida, gracias por estar presente no solo en esta etapa sino en cada etapa de mi vida ofreciéndome lo mejor y lo que es también mejor para mí.

Gracias a mi Mamá, que sin ella esto y nada sería posible, gracias por todo el apoyo incondicional, que con tus valores me ayudaste a ser hombre que soy

Gracias a mi hermana, por ser en quien yo me puedo apoyar siempre con o sin necesitarlo.

Gracias a mi universidad por convertirme en la persona profesional que hoy en día soy y hago lo que me apasiona, gracias a cada maestro que formo parte de este proceso de formación.

A mi hijo por ser el motor y la persona por la cual yo tengo motivación a crecer personal y profesionalmente.

Dedicatoria

Dedico la tesis con todo mi corazón a mi Familia, sin ellos nada sería posible, a mi hijo que cada día todo lo hago, lo hago pensando en él

INDICE

INDICE	iii
Índice de figuras	iv
Resumen	vi
Introducción	1
Revisión de literatura	3
Aspectos generales	3
Nivel de energía en el período de transición	6
Uso de aditivos	10
Enfermedades metabólicas.....	15
Hipocalcemia	15
Retención de placentas	20
Cetosis	23
Literatura citada	32

Índice de figuras

FIGURA 1. CONSUMO DE MATERIA SECA ACUMULADO POR HORA DE -24 HORAS ANTES DEL PARTO AL PARTO DE VACAS CON DISTOCIA Y EUTANASIA. MEDIA ± ES (N = 11 POR TRATAMIENTO) * P < 0.05.....	4
FIGURA 2. PROPORCIÓN DE VARIACIÓN (%) DEL CONSUMO DE MATERIA SECA DE VACAS HOLSTEIN EN PERÍODO DE RETO CONSIDERANDO DÍA DE GESTACIÓN, FACTORES ANIMALES Y FACTORES DIETÉTICOS, R ² DEL MODELO MULTIVARIADO = 0.18. EE = EXTRACTO ETÉREO.....	5
FIGURA 3. CONSUMO DE MATERIA SECA EN LOS PRIMEROS 14 DÍAS POSTPARTO DE VACAS Y VAQUILLAS ALIMENTADAS CON LA DIETA CONTROL O LA DIETA CON PULPA DE REMOLACHA DURANTE EL PERÍODO DE RETO (INTERACCIÓN TIEMPO POR DIETA P < 0.05).....	6
FIGURA 4. MEDIA DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA EL BHBA DEL SUERO DEL DÍA 1 AL 10 POSTPARTO PARA VACAS HOLSTEIN MULTÍPARAS ALIMENTADAS PARA SATISFACER EL 100% (100NRC), 150% (150NRC) O 80% (80NRC) DEL REQUERIMIENTO DEL NRC PARA ENL DURANTE EL SECADO LEJANO O EL RETO YA SEA ADMINISTRADA A AD LIBITUM (CA) O CON CONSUMO RESTRINGIDO (CR) DURANTE EL RETO.	8
FIGURA 5. MEDIA DEL PH URINARIO DE VACAS JERSEY ALIMENTADAS CON 2 EQ DE ANIÓN UTILIZANDO ÁCIDO HIDROCLORÍDICO, CLORURO DE AMONIO, CLORURO DE CALCIO, SULFATO DE CALCIO, SULFATO DE MAGNESIO, O FUENTES ELEMENTALES DE AZUFRE COMO ANIONES (N= 6).....	17
FIGURA 6. PATRÓN TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE CALCIO EN EL PLASMA DE LA SANGRE DE TODAS LAS VACAS CON RELACIÓN AL DÍA DEL PARTO.....	18
FIGURA 7. PH URINARIO DE VACAS MULTÍPARAS ALIMENTADAS CON UNA DIETA CONTROL (BDCA = 12 MEQ/100 G MS) DIETA CON PARA VACA CON 42 DÍAS POSTPARTO O UN BDCA NEGATIVO (BDCA= -16 MEQ/100 G DE MS) PARA VACAS CON 21 O 42 DÍAS ANTES DEL PARTO.....	19
FIGURA 8 . DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE INMUNOGLOBULINAS EN VACAS CON Y SIN RETENCIÓN PLACENTARIA (PR). APROXIMADAMENTE LA MITAD DE LAS VACAS QUE PRESENTARON PR PRESENTARON NIVELES DE INMUNOGLOBULINAS IGUALES O POR DEBAJO DE 5 G/L, EL 80% DE LAS VACAS TUVIERON CONCENTRACIONES INFERIORES A 15 G/L. CUALQUIERA DE LAS VACAS SIN PR PRESENTARON NIVELES DE IGA INFERIORES A 5 G/L.....	22
FIGURA 9.HISTOGRAMA DE PREVALENCIA DE CETOSIS SUBCLÍNICA (KSC) EN 1, VACAS LECHERAS 1,717 VACAS HOLSTEIN BAJO PRUEBAS REPETIDAS DE CETOSIS, A PARTIR DE 3 PRUEBAS DEFINIDAS COMO POSITIVAS (1.2 A 2.9 MMOL/L EN SANGRE). MCART ET AL. (2012).....	24
FIGURA 10. TIEMPO PROMEDIO DIARIO DE REPOSO (MEDIA ± SE; MIN/D) DURANTE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN (-14 A 28 DÍAS) PARA VACAS MULTÍPARAS (MP) SANAS SIN OTRAS ENFERMEDADES (HLT; N = 87), VACAS MP SUBCLÍNICAMENTE CETÓNICAS SIN OTRAS ENFERMEDADES PROBLEMAS DE SALUD (HYK; N = 76), Y VACAS MP SUBCLÍNICAMENTE CETÓNICAS CON OTROS PROBLEMAS DE SALUD (HYK+; N = 39)	27

FIGURA 11. PREDICCIÓN DE LA FIABILIDAD PARA LAS CONCENTRACIONES DE BHb Y ACETONA
USANDO PREDICTORES HUÉSPEDES GENÉTICOS O COMPOSICIÓN DE
MICROORGANISMOS RUMINALES 28

Resumen

El objetivo de esta revisión fue considerar algunos aspectos generales de la alimentación de las vacas Holstein en el período de transición. El período de transición comprende normalmente de 42 días, divididos en 21 días antes del parto (reto) y 21 días después del parto (frescas). En este periodo hay una transición fisiológica digestiva, endocrinológica y metabólica de gran trascendencia para la vida productiva y reproductiva de la vaca Holstein. En estas dos etapas existen factores generales que tienen efectos sobre la respuesta de la vaca y destacan entre ellos los siguientes: los partos distóicos, número de partos y condición corporal de la vaca, componentes químicos de la ración, el número de días del período fresco, nivel de energía de la dieta, entre otros factores. Para contribuir a evitar contratiempos en la transición se han investigado diferentes aditivos y su efecto en las vacas en el período de reto y frescas como ejemplo podemos citar a los productos microbianos de alimentación directa o DFM entre los que destacan *Enterococcus faecium*, *Megasphaera elsdenii*, *Prevotella bryantii* 25A, *Propionibacterium freudenreichii* y *Selenomonas ruminantium* que se han utilizado para mejorar la producción de leche, la eficiencia alimenticia y el rendimiento del crecimiento; también resalta el uso de carnitina para disminuir la acumulación de lípidos en el hígado con lo que de contribuye a evitar la presencia de cetosis o hígado graso en las vacas, por último, el uso de la monensina que dentro de algunos rasgos de su respuesta en ese ganado se puede citar el mejoramiento en el balance energético, ya que provoca alteraciones en la fermentación ruminal que terminan alterando la población microbiana del rumen con el incremento de ácido propiónico y la reducción de metano, lo que incrementa la gluconeogénesis hepática. En esta etapa resalta la importancia de la prevención de las enfermedades metabólicas que afectan principalmente la productividad de las vacas lecheras de tres maneras: 1) reduciendo la eficiencia reproductiva, 2) acortando la duración esperada de la vida productiva (es decir, aumentando el riesgo de sacrificio) y 3) reduciendo la producción de leche entre las que destacan la hipocalcemia, retenciones placentarias y cetosis, así como los mecanismos de prevención. En conclusión, la

etapa de transición determina la respuesta productiva y reproductiva de las vacas, por lo que el manejo adecuado en esta etapa es de suma importancia.

Palabras clave: Nutrición, Periparto, Bovinos

Introducción

La vaca productora de leche enfrenta el período más desafiante de su ciclo cuando transita del periodo de preñez y seco al estado parición y lactación, además la mayoría de las enfermedades infecciosas y metabólicas ocurren en este período, lo que tiene implicaciones económicas, de bienestar animal y en caso de una deficiencia en el manejo de esa transición las vacas pueden presentar la muerte o ser desechadas del hato en los primeros 60días en leche (Espadamala et al., 2016).

La ingesta de nutrientes en vacas lecheras en el postparto es comúnmente insuficiente para hacer frente al aumento de energía y requerimientos de proteínas resultantes del inicio de producción de leche (Plaizier et al., 2000).

En el período de transición el nivel de energía en las dietas es de gran trascendencia para evitar problemas productivos y reproductivos en el postparto; el consumo excesivo de energía en el período de reto podría disminuir el consumo de materia seca de las vacas en esa etapa (Dann et al., 2007; Richards et al., 2020).

En la etapa de transición existen factores que tienen impacto en la reproducción y la producción como la distocia, número de partos, condición corporal, número, número de días en reto (Stephenson et al., 1997; Dann et al., 2006; Proudfoot et al., 2009).

Para afrontar este período de transición, que implica riesgos para la salud de la vaca, para la reproducción, producción y la rentabilidad de las empresas ganaderas, se disponen de tecnologías alimenticias variables. Una de ellas es el uso de aditivos como los productos microbianos de alimentación directa y otras (Mori et al., 1997; AlZahal et al., 2014; Lawrence et al., 2021).

Otro problema del período de transición son las enfermedades afectan principalmente la productividad de las vacas lecheras de tres maneras: 1) reduciendo la eficiencia reproductiva, 2) acortando la duración esperada de la vida productiva (es decir, aumentando el riesgo de sacrificio) y 3) reduciendo la producción de leche (Rajala & Gröhn, 1998).

Considerando la importancia del período de transición (reto y fresco) el objetivo de este trabajo de investigación documental fue abordar aspectos generales de alimentación de la vaca productora de leche en etapa de transición.

Revisión de literatura

Aspectos generales

La nutrición de las vacas durante el período seco ha sido un área activa de investigación durante los últimos 25 años. Las investigaciones generalmente se han centrado en dividir el período seco en el período temprano o “lejano” (generalmente las primeras 4 a 6 semanas) y el período “de cerca” o reto (generalmente las últimas 3 semanas antes del parto esperado) (Dann et al., 2006).

Durante la lactancia temprana la glándula mamaria de las vacas lecheras tiene un requerimiento de nutrientes que es generalmente mayor que el proporcionado por el consumo de alimento. La consiguiente deficiencia de nutrientes se soluciona dividiendo nutrientes de las reservas de tejido y movilizando reservas tisulares lábiles de lípidos, proteínas, glucógeno y minerales (Stephenson et al., 1997), además en esta etapa el reinicio de la actividad reproductiva está asociada a cambios en el balance energético negativo (Tallam et al., 2003).

La ingesta de nutrientes en vacas lecheras en el postparto es comúnmente insuficiente para hacer frente al aumento de energía y requerimientos de proteínas resultantes del inicio de producción de leche. Como resultado, las vacas movilizan endógenas reservas de proteínas, que incluyen el catabolismo de las proteínas musculares. La actina y la miosina, dos de las proteínas estructurales del músculo, contienen el aminoácido 3-metilhistidina (Me-His o N_t-metilhistidina), que no se reutiliza en la síntesis de proteínas y puede medirse cuantitativamente en la orina del ganado, la excreción urinaria promedio de 3 metil-histidina fue significativamente

mayor después del parto (4,11 mmol d⁻¹) que antes del parto (2,48 mmol d⁻¹) (Plaizier et al., 2000).

Un programa de evaluación para identificar desórdenes de salud en las vacas en el posparto podría incluir encuesta con respecto a los siguientes puntos: a) horarios y organización del trabajo, b) organización por grupos de animales y alojamiento, c) proyección de enfermedades metabólicas y d) métodos de examinación física (Espadamala et al., 2016).

Proudfoot et al. (2009) determinaron el efecto de la distocia sobre el consumo de materia seca y el comportamiento de vacas Holstein en período de reto. Las vacas con distocia consumieron 1,9 kg menos durante las 48 h previas al parto en comparación con las vacas con eutocia ($14,3 \pm 1,0$ vs. $16,2 \pm 1,0$ kg, respectivamente), y esta diferencia aumentó a 2,6 kg en las 24 h previas al parto ($8,3 \pm 0,7$ vs. $10,9 \pm 0,7$ kg/día). Las vacas con distocia pasaron de la posición de pie a la posición acostada con más frecuencia que las vacas sin distocia comenzando 24 h antes del parto ($10,9 \pm 0,7$ vs. $8,3 \pm 0,7$ episodios/día) (figura XY).

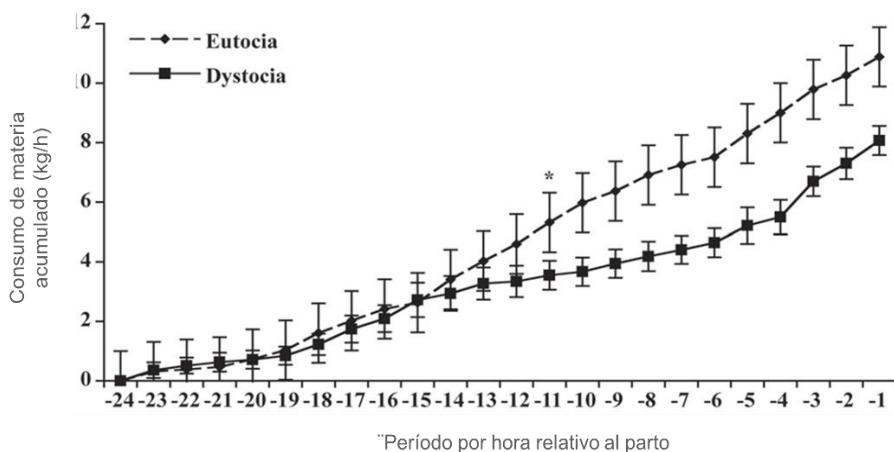


Figura 1. Consumo de materia seca acumulado por hora de -24 horas antes del parto al parto de vacas con distocia y eutanasia. Media ± ES (n = 11 por tratamiento) * P < 0.05.

Hayirli et al. (2002) determinaron el efecto de los factores relacionados con el animal (número de partos y condición corporal) y de los componentes químicos (proteína degradable en rumen, proteína no degradable en rumen, fibra detergente neutra y extracto etéreo) de la ración que determinan el consumo de alimento durante el período de reto en la transición (figura xy). El CMS disminuyó un 32% durante las últimas 3 semanas de gestación, y el 89% de esa disminución ocurrió durante la última semana de gestación. El día de gestación, los factores animales y los factores dietéticos representaron el 56,1, 19,7 y 24,2% de la variación explicada en el CMS, respectivamente, y el R² de este modelo lineal multivariable fue de 0,18.

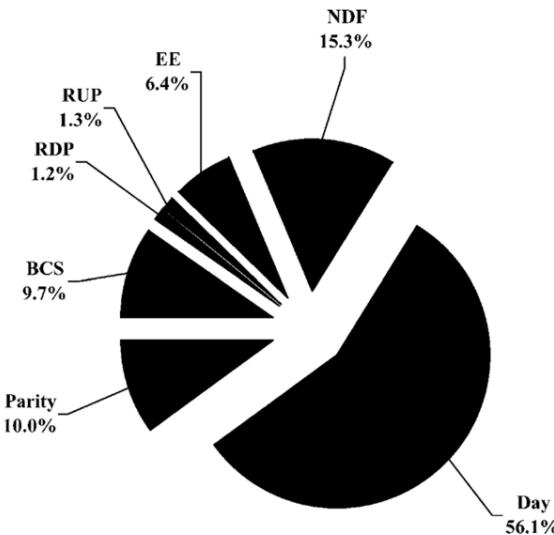


Figura 2. Proporción de variación (%) del consumo de materia seca de vacas Holstein en período de reto considerando día de gestación, factores animales y factores dietéticos, R² del modelo multivariado = 0.18. EE = Extracto Etéreo

La reducción de los días del período de vaca fresca (de 21 días a 10 días) junto con el aumento moderado de proteína metabolizable mejora el consumo de materia seca. La producción de leche y el estado metabólico de las vacas en periparto (Farahani, Amanlou, and Kazemi-Bonchenari 2017).

Nivel de energía en el período de transición

En el período de transición el nivel de energía en las dietas es de gran trascendencia para evitar problemas productivos y reproductivos en el postparto; el consumo excesivo de energía en el período de reto podría disminuir el consumo de materia seca de las vacas en esa etapa.

El reemplazo parcial de la fibra forrajera (30% de heno) con fibra detergente neutra de fuente no forrajera de subproductos (15% heno de alfalfa y 15% pulpa de remolacha) en las dietas de las vacas en reto no tuvo un efecto significativo en el consumo de materia seca (figura XY) rendimiento lácteo y metabólicas de las vacas en período fresco (Dann et al., 2007).

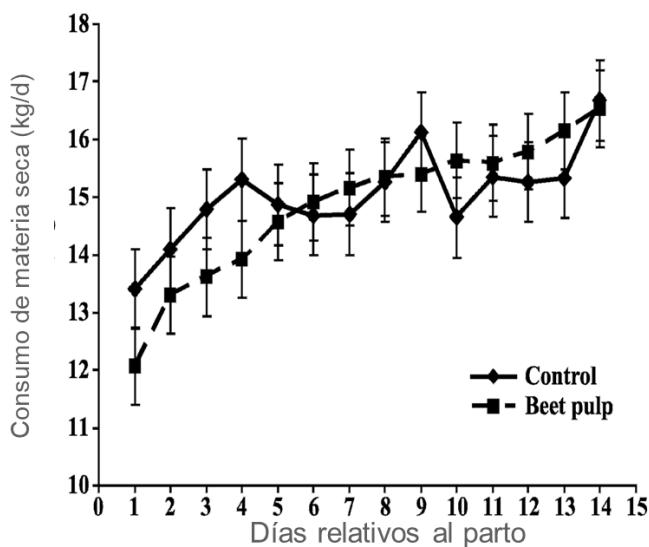


Figura 3. Consumo de materia seca en los primeros 14 días postparto de vacas y vaquillas alimentadas con la dieta control o la dieta con pulpa de remolacha durante el período de reto (Interacción tiempo por dieta P < 0.05).

Richards et al. (2020) llevaron a cabo una prueba determinar si una dieta baja en energía y rica en fibra (40.5% de paja de trigo con 5.6 MJ de energía neta de lactancia) administrada durante el período seco y hasta el parto mejoraba el estado metabólico y la producción de las vacas lecheras en comparación con una dieta con

mayor contenido energético o un sistema de dos dietas y comparar las respuestas de las vacas multíparas y de primer parto a esas dietas. Los resultados obtenidos por esos investigadores confirman una respuesta metabólica favorable en vacas alimentadas con forrajes groseros y poca energía, los resultados indican un aumento en la acumulación de lípidos en el hígado y una mayor cetogénesis debido a la movilización de reservas corporales en vacas con dietas altas en energía, aumentando la probabilidad de hígado graso y trastornos y enfermedades posteriores durante el período seco en comparación con las vacas alimentadas con dietas

Zhang et al. (2015) investigaron el efecto de la densidad energética (LED) en el período de reto y la suplementación de soja entera extruida (ESB) durante las primeras 4 semanas después del parto sobre la ingesta, el peso corporal (BW), el estado metabólico, y rendimiento de las vacas lecheras. La densidad energética en niveles bajos (LED, 1,25 Mcal/kg), medios (MED, 1,41 Mcal/kg) o altos (HED, 1,55 Mcal/kg) de las dietas de primer plano y suplementación posparto de ESB a 0 kg/d (control, CON) o 1,5 kg/d (TRT) se utilizaron en un arreglo factorial 3×2 . La producción de leche no se vio afectada por la ED preparto, aunque las vacas HED produjeron aproximadamente 2 kg/d menos de leche que las vacas MED y LED durante la lactancia temprana. La suplementación posparto con ESB elevó la concentración de glucagón en sangre independientemente de la DE preparto durante las primeras 4 semanas de lactancia.

Dann et al. (2006) llevaron a cabo un estudio donde en el período seco hasta -25 días en relación con el parto esperado (período seco lejano), las vacas fueron

alimentadas con una dieta de control para cumplir con las recomendaciones del Consejo Nacional de Investigación (NRC) en cuanto a energía neta para la lactancia (NEL) con ingesta ad libitum (100 NRC; n = 25) o una dieta con mayor densidad de nutrientes, que se alimentó con una ingesta ad libitum para proporcionar al menos el 150 % de los requisitos de NEL calculados (150 NRC; n = 25) o con una ingesta restringida para proporcionar el 80 % de los requisitos de NEL calculados (80 NRC; norte = 24). Desde -24 días en relación con el parto esperado hasta el parto (período de cierre), las vacas fueron alimentadas con una dieta que cumplió o superó las recomendaciones de nutrientes del NRC, ya sea con ingesta ad libitum (n = 38) o ingesta restringida (n = 36) para proporcionar 80 % del requisito NEL calculado, las vacas con el balance energético más bajo durante el período lejano (100NRC y 80NRC) tuvieron un mayor consumo de materia seca y balance energético y menores NEFA y β -hidroxibutirato en suero durante los primeros 10 DIM (figura xy).

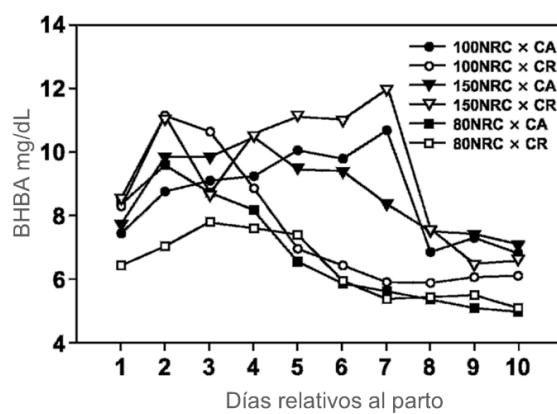


Figura 4. Media de cuadrados mínimos para el BHBA del suero del día 1 al 10 postparto para vacas Holstein multiparas alimentadas para satisfacer el 100% (100NRC), 150% (150NRC) o 80% (80NRC) del requerimiento del NRC para ENL durante el secado lejano o el reto ya sea administrada a ad libitum (CA) o con consumo restringido (CR) durante el reto.

Girma et al. (2019) investigaron los efectos de los niveles de energía dietética y la suplementación con lisina protegida en el rumen sobre los niveles de ácidos grasos libres en suero, los niveles de β -hidroxibutirato, la ingesta de materia seca (MS) y la producción y composición de la leche. Los tratamientos se organizaron en un diseño factorial 2×2 con 2 niveles de energía dietética [energía neta para la lactancia (NEL) alta = 1,53 Mcal/kg de MS vs. NEL baja = 1,37 Mcal/kg de MS; HE vs. LE] alimentados con lisina protegida en el rumen (lisina bypass; 40 g/vaca por día) o sin lisina protegida en el rumen (control). La alimentación con NEL alto a vacas de cerca disminuyó las concentraciones de ácidos grasos libres y β -hidroxibutirato en vacas preparto, pero no en vacas posparto. La adición de lisina protegida en el rumen aumentó la ingesta de MS posparto y disminuyó las concentraciones séricas de ácidos grasos libres y β -hidroxibutirato. Ni la suplementación energética ni de lisina protegida en el rumen ni su interacción afectaron la producción de leche ni la producción de grasa o lactosa.

Penner and Oba (2009) utilizaron cincuenta y dos vacas Holstein, incluidas 28 primíparas y 24 multíparas, 10 de las cuales habían sido previamente equipadas con una cánula ruminal, fueron asignadas a dietas experimentales que contenían alto contenido de azúcar (HS = 8,4%) o bajo contenido de azúcar (LS = 4,7%). inmediatamente después del parto, según la fecha prevista de parto. La alimentación con HS tendió a aumentar el nadir (5,62 frente a 5,42), la media (6,21 frente a 6,06) y el pH máximo (6,83 frente a 6,65). Las vacas alimentadas con HS tuvieron concentraciones más altas de β -hidroxibutirato en plasma (17,5 frente a 10,5 mg/dL) y ácidos grasos no esterificados (344 frente a 280 μ Eq/L). La

producción y la composición de la leche no se vieron afectadas por el tratamiento, pero se observó una tendencia a una mayor producción de grasa láctea en las vacas alimentadas con HS en comparación con LS (1,44 frente a 1,35 kg/d).

Shi et al. (2020) evaluaron el efecto de la concentración de almidón en la dieta de vacas en reto sobre las concentraciones de metabolitos energéticos y el pH de las vacas en después del parto. La cantidad de almidón fueron bajas (BA) con el 14% y altas (AA) con el 26% desde el día 28 antes del parto hasta el parto, todas las vacas fueron sometidas después del parto a un reto de 6.35 kg de grano de cebada de trigo, a través de una cánula ruminal. Las dietas AA tendieron una duración mayor (177 vs 76 min/6 h) y mayor área de pH por debajo de 5.8 (67.8 vs 20.3 ph x min/6 h) durante el reto de grano en el día 7. Las concentraciones de insulina tendieron a ser más altas en la dieta AA en comparación con la AB. Además, las dietas altas AA tuvieron mayores concentraciones en beta hidroxibutirato en el día 3 postparto que las vacas alimentadas con menos almidón.

La sobrealimentación en vacas Holstein en reto, combinada con la resistencia a la insulina (RI) materna puede exacerbar la movilización de ácidos grasos no esterificados (NEFA) del tejido adiposo, lo que resulta en niveles plasmáticos más altos de NEFA durante la lactancia temprana (Salin et al., 2017).

Uso de aditivos

Los productos microbianos de alimentación directa (DFM), definidos por el USDA en 1989 como aditivos alimentarios basados en microbios que contienen “microorganismos vivos de origen natural”, se han utilizado como suplementos alimentarios en la industria ganadera durante más de 20 años, principalmente para

mejorar la producción de leche, la eficiencia alimenticia y el rendimiento del crecimiento (Lawrence et al., 2021). Los principales tipos de DFM utilizados en estudios con rumiantes incluyen (1) bacterias derivadas del rumen que pueden utilizar ácido láctico (LUB), como *Megasphaera elsdenii*, *Propionibacterium freudenreichii* y *Selenomonas ruminantium*, o que pueden convertir el almidón en productos finales distintos del ácido láctico tal como *Prevotella bryantii* 25A; (2) bacterias productoras de ácido láctico (BAL) de origen intestinal, como bifidobacterias, lactobacilos y enterococos; y (3) levadura activa como *Saccharomyces cerevisiae* (Mori et al., 1997).

Aikman et al. (2011) utilizaron varios tratamientos que consistieron en un mínimo de 10^{10} ufc de *Megasphaera elsdenii* NCIMB 41125 o *M. elsdenii* esterilizado en autoclave (placebo) que se administraron mediante la cánula ruminal en los días 3 y 12 de la lactancia ($n = 7$ por tratamiento). El pH medio del rumen se midió cada 15 min, y se registraron las conductas alimentarias y rumiantes durante 24 h los días 2, 4, 6, 8, 11, 13, 15, 17, 22 y 28. *M. elsdenii* alteró el Patrones de fermentación ruminal a favor del propionato con beneficios potenciales para el equilibrio energético y productividad animal.

Nocek et al. (2003) utilizaron suplementación microbiana de alimentación directa (DFM) que contenía aproximadamente 5×10^9 ufc de levadura y 5×10^9 ufc de bacterias (*Enterococcus faecium*, dos cepas) cubiertas con un suplemento de 90 g/vaca por día en los períodos pre y posparto. El CMS durante el período preparto no se vio afectado por la suplementación con DFM, sin embargo, el consumo de

alimento, la producción de leche y proteína en la leche fueron más altos en las vacas que recibieron el tratamiento microbiano.

AlZahal et al. (2014) evaluaron los efectos de un producto microbiano de alimentación directa (DFM) sobre la ingesta de materia seca, la producción de leche, los componentes de la leche, la incidencia de enfermedades y los metabolitos sanguíneos en el ganado lechero. El suplemento DFM proporcionó a las vacas $5,0 \times 10^9$ ufc/d de 3 cepas de *Enterococcus faecium* y $2,0 \times 10^9$ ufc/d de *Saccharomyces cerevisiae*. El suplemento DFM se mezcló con 0,5 kg de maíz seco molido y se aderezó durante la alimentación de la mañana. Los resultados mostraron que el tratamiento no tuvo ningún efecto sobre la ingesta promedio de materia seca o la producción de leche (kg/d) durante la duración del experimento. El tratamiento no tuvo efecto sobre las concentraciones plasmáticas de β -hidroxibutirato, ácidos grasos no esterificados, glucosa o haptoglobina. Se necesitan más estudios para investigar los efectos del DFM y sus modos de acción en múltiples condiciones de manejo.

El papel de la carnitina en la oxidación de los ácidos grasos en el hígado sugiere que el estado de la carnitina podría influir en el grado de acumulación de lípidos en el hígado en vacas lecheras en el periparto. La infusión de L-carnitina disminuyó efectivamente la acumulación de lípidos en el hígado durante la restricción alimenticia en vacas con 120 días en leche, como resultado de una mayor capacidad de oxidación de ácidos grasos hepáticos (Carlson et al., 2006)

Las concentraciones de carnitina hepática podrían limitar la capacidad de oxidación de ácidos grasos hepáticos en vacas lecheras durante el período periparto; por lo

tanto, la suplementación de L-carnitina podría disminuir la acumulación de lípidos en el hígado en vacas en transición (Carlson, Woodworth, et al., 2007)

Por la disminución de la acumulación de lípidos en el hígado y la estimulación de salida de glucosa hepática, la suplementación dietética (50 a 100 g/d) de carnitina puede mejorar el estatus de este glúcido y disminuir el riesgo del desarrollo de enfermedades metabólicas en las vacas en lactación inicial (Carlson, Mcfadden, et al., 2007).

Otro tipo de aditivo utilizado en las dietas de las vacas en el período de transición es la monensina cuyo uso en el ganado productor de leche fue aprobado por la FDA (USA), dentro de algunos rasgos de su respuesta en ese ganado se puede citar el mejoramiento en el balance energético, ya que provoca alteraciones en la fermentación ruminal que terminan alterando la población microbiana del rumen con el incremento de ácido propiónico y la reducción de metano, lo que incrementa la gluconeogénesis hepática que se refleja en una mejor respuesta productiva y reducción de problemas de salud de las vacas en el periparto (Richards et al., 2022).

Stephenson et al. (1997) investigaron los efectos de la monensina sobre las concentraciones y cambios en las concentraciones plasmáticas de metabolitos energéticos a través del tiempo, utilizando 24 vacas Holstein multíparas. Las vacas fueron emparejadas según la finca, fecha prevista de parto y puntuación de condición corporal y fueron asignados aleatoriamente a dos grupos. A las vacas tratadas se les dio un alimento ruminal. bolo que contiene 32 g de monensina a los 50 ± 7 días antes parto previsto. Las concentraciones plasmáticas de Ca no difirieron significativamente entre grupos antes o después del parto. La monensina

alteró tanto la disponibilidad de energía y de los minerales, metabolismo y tiene el potencial de mejorar el salud y producción de vacas lecheras

Markantonatos y Varga (2017) utilizaron ocho vacas Holstein en periparto para evaluar el efecto de la monensina sódica administrada por cánula ruminal sobre el metabolismo de la glucosa; los tratamientos usados fueron 0 mg de monensina por vaca o 300 mg de monensina por vaca, ambos tratamientos se administraron en el pre y posparto. Estos investigadores concluyeron que el estado energético en las vacas en transición tratadas con monensina sódica pueden mejorar por 1) mejorando la eficacia de la conversión de propionato a glucosa y 2) disminuyendo la oxidación de e la glucosa en los tejidos.

Tallam et al. (2003) seleccionaron aleatoriamente cuarenta y ocho vacas Holstein multíparas asignadas para recibir una ración mixta total de control ($n = 24$) o la misma dieta más 22 mg de monensina/kg ($n = 24$) desde 21 días antes del parto previsto hasta que las vacas estaban preñadas o estaban >180 días después del parto. La monensina no tuvo ningún efecto sobre el desarrollo del primer folículo dominante posparto o los números de clase 1 (3 a 5 mm), 2 (6 a 9 mm) o 3 (10 a 15 mm) folículos. Las vacas control tenían más folículos de clase 4 (>15 mm) a las 10 a 13 días posparto que las vacas en el grupo de monensina. Las tasas de preñez después de la inseminación a tiempo fijo fueron similares entre las dietas. La suplementación con monensina resultó en un posparto más corto intervalo hasta la primera ovulación, pero no afectó otras funciones reproductivas. medidas en vacas lecheras sanas y lactantes.

Enfermedades metabólicas

Las enfermedades afectan principalmente la productividad de las vacas lecheras de tres maneras: 1) reduciendo la eficiencia reproductiva, 2) acortando la duración esperada de la vida productiva (es decir, aumentando el riesgo de sacrificio) y 3) reduciendo la producción de leche (Rajala & Gröhn, 1998).

Es importante tener un mecanismo de medición del beneficio económico de un sistema de control de una enfermedad. El más simple es el enfoque positivo (también llamado modelado empírico), que se basa en la observación y comparación entre diferentes granjas mediante análisis de datos epidemiológicos o estadísticos. Aunque este enfoque resulta en el mayor realismo y relevancia práctica, estimar el costo de una enfermedad desde un enfoque empírico requiere la inclusión de un gran número de granjas para tener en cuenta el gran grado de variabilidad entre granjas (Cainzos et al., 2022).

Hipocalcemia

La hipocalcemia es una enfermedad considerada como metabólica en el período de transición de la vaca y puede ser considerada como clínica o subclínica (concentraciones de Ca en la sangre $< 2 \text{ mmol/L}$) cuya prevalencia en vacas de segunda lactancia puede oscilar entre 41 a 54% y 25% en vacas de primer parto. Las vacas con concentraciones entre 2.1 y 2.5 mmol/L son consideradas como saludables, en caso de presentar recumbencia esternal, tremores musculares, debilidad o depresión, son consideradas como casos de hipocalcemia clínica.

Barraclough et al. (2020) utilizaron un sistema de monitoreo de alta precisión para evaluar la asociación entre el tiempo de descanso y el comportamiento en vacas

preparto (uno y más partos) con 1) normocalcemia, 2) hipocalcemia subclínica o 3) hipocalcemia clínica al parto, la actividad en el sensor fue registrada mediante un podómetro colocado en la pata izquierda de cada vaca a las tres semanas antes del parto, los datos colectados fueron el tiempo de pie, de descanso, número de pasos y el total de episodios en descansando y en pie (posturas transicionales) y sumadas en bloques de 15 minutos. Para las vacas primíparas, los pasos contados de las vacas con hipocalcemia subclínica permanecieron constantes a través del período, en tanto que, las vacas con hipocalcemia fueron menos activas comparadas con las (menos pasos) y pasaron más tiempo echadas que las vacas con hipocalcemia subclínica y normocalcémicas.

Una estrategia alimenticia para prevenir los desórdenes metabólicos asociados al desbalance de la cantidad de calcio en la sangre es la manipulación del balance dietético catión-anión (BDCA). El BDCA ha sido definido como los miliequivalentes $[(Na^+ K^-)-(Cl^- + S)]$ por kilogramo de materia seca los cuales si impactan directamente el equilibrio ácido base del metabolismo sanguíneo. Ha medida que este disminuye podría cambiar cualquiera de los siguientes indicadores en la sangre: incremento en el H^+ , disminución del HCO_3 , y disminución del pH, lo cual provoca mecanismos compensatorios en el organismo de la vaca. La disminución del BDCA puede mitigar la severidad de la hipocalcemia e las vacas recién paridas mediante una respuesta hormonal que tiende a regular los niveles de calcio en el organismo (Block, 1994). Por el contrario, Una dieta alta en cationes podría provocar fiebre de leche en el ganado productor de leche recién parido e inducir una alcalosis metabólica

reduciendo la capacidad de la vaca para mantener la homeostasis del calcio al inicio de la lactación (Goff et al., 2004).

Goff, Ruiz, and Horst (2004) llevaron a cabo la clasificación de las fuentes de aniones probadas a una dosis de 2 Eq/d, del más al menos potente acidificante de la orina, fue ácido clorhídrico, cloruro de amonio, cloruro de calcio, sulfato de calcio, sulfato de magnesio y azufre (figura xy). Estos datos deberían permitir una predicción más precisa de la respuesta de las vacas de gestación tardía a la manipulación de cationes y aniones en la dieta lo cual puede verificarse mediante la medición del pH urinario en las vacas que se encuentren en el período de reto (21 días antes del parto).

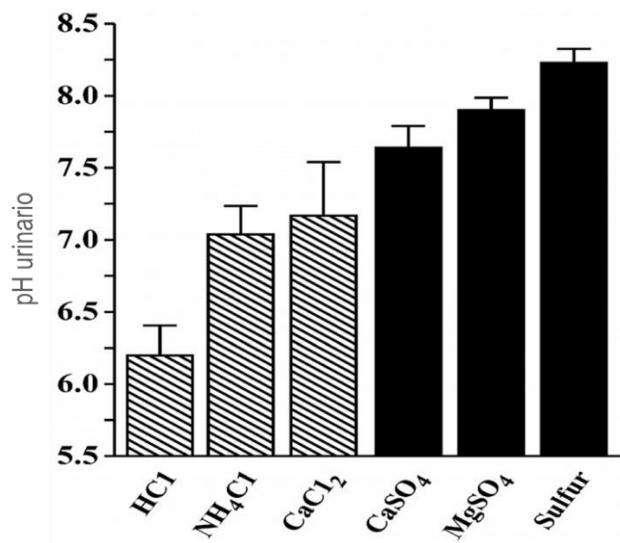


Figura 5. Media del pH urinario de vacas Jersey alimentadas con 2 Eq de anión utilizando ácido hidroclorídico, cloruro de amonio, cloruro de calcio, sulfato de calcio, sulfato de magnesio, o fuentes elementales de azufre como aniones (N= 6).

DeGroot, Block, and French (2010) utilizaron dietas que diferían en DCAD (catiónico o aniónico) y suplemento aniónico. Las 4 dietas utilizadas preparto fueron (1) control [DCAD +20 mEq/100 g de materia seca (MS)], (2) Bio-Chlor (DCAD -12 mEq/100 g de MS; Church & Dwight Co. Inc., Princeton, Nueva Jersey), (3) fermenten (DCAD

-10 mEq/100 g de MS; Church & Dwight Co. Inc.) y (4) sales (DCAD -10 mEq/100 g de MS) para prevenir hipocalcemias. Los suplementos aniónicos fueron eficaces para acidificar las dietas preparto según el pH de la orina, que es un indicador del estado ácido-base y de la cantidad de calcio en el plasma (figura xy). Las dietas aniónicas preparto no fueron perjudiciales para la CMS preparto y no disminuyeron el rendimiento posparto de las vacas primíparas. La alimentación con dietas aniónicas antes del parto aumentó la CMS posparto de vacas primíparas y multíparas y aumentó la producción de leche de vacas multíparas.

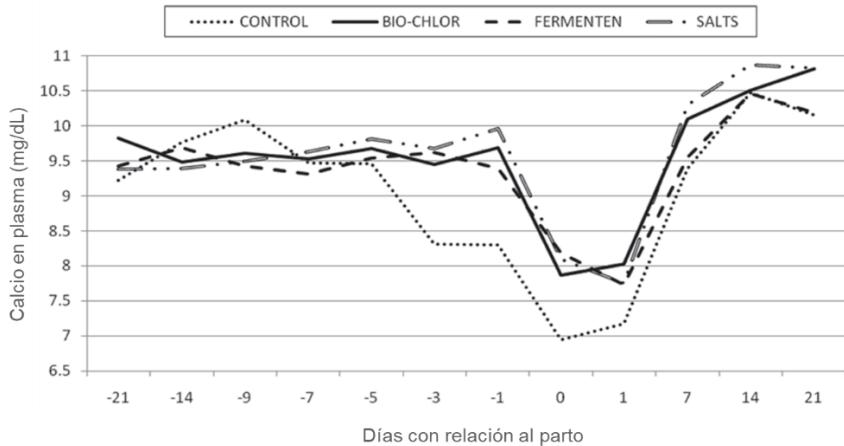


Figura 6. Patrón temporal de la concentración de calcio en el plasma de la sangre de todas las vacas con relación al día del parto

El uso de las sales aniónicas también ha sido utilizado para estudiar su efecto en el metabolismo del hueso en cabras, para tal efecto se utilizaron dos grupos, el control que contenía un BDCA de + 515 y otro con -164 mEq/kg, los animales que recibieron la dieta con el menor BDCA lograron la mayor reabsorción de calcio en el hueso en contraste a los animales que recibieron un balance positivo de la BDCA, por lo que se concluyó que las sales aniónica inducen una acidosis metabólica en las cabras en lactación media lo cual afecta el metabolismo y endocrinología del Ca (Liesegang, 2008).

La suplementación con aniones indujo una acidosis metabólica leve, reduciendo el pH de la orina (figura xy) para vacas que recibieron aniones 21-antes del parto (21-ND) y 42-días (42 ND) antes del parto, en comparación con las vacas que tuvieron un BDCA positivo. El CMS preparto no fue diferente entre los tratamientos. El CMS posparto fue mayor para 21-ND en comparación con CON (20,8 frente a $18,1 \pm 1,1$ kg/d), y 42-ND tuvo un CMS similar en comparación con 21-ND. Durante los primeros 56 días de lactancia, 21-ND tuvo mayor producción promedio de leche en comparación con CON (44,8 vs. $39,2 \pm 2,1$ kg/d), la producción promedio de leche en el 42-ND fue similar a la del 21-ND (Weich et al., 2013).

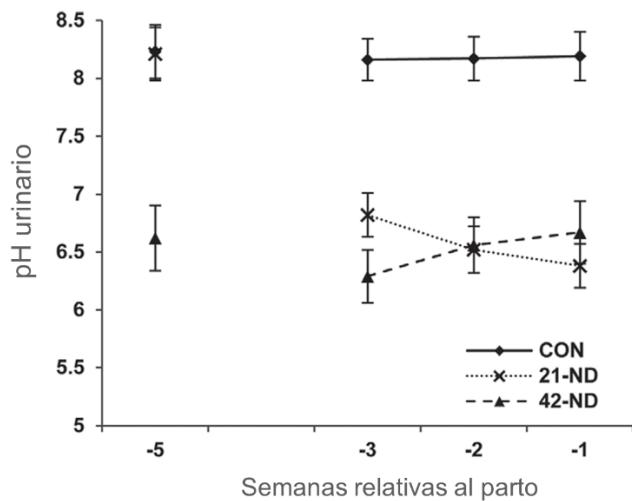


Figura 7. pH urinario de vacas multiparas alimentadas con una dieta control (BDCA = 12 mEq/100 g MS) Dieta CON para vaca con 42 días postparto o un BDCA negativo (BDCA= -16 mEq/100 g de MS) para vacas con 21 o 42 días antes del parto.

La estabilidad de las micelas de caseína se correlaciona negativamente con las concentraciones de calcio iónico en la leche, que pueden cambiar según el estado metabólico y nutricional de las vacas lecheras. Martins et al. (2015) evaluaron el efecto de la diferencia catión-anión (DCAD) en la dieta sobre las concentraciones de subunidades de caseína, proteínas del suero, calcio iónico y estabilidad del calor y el etanol de la leche. Se distribuyeron dieciséis vacas Holstein en 4 diseños

contemporáneos de cuadrado latino 4×4 , que consistieron en 4 períodos de 21 días y 4 tratamientos según DCAD: 290, 192, 98 y -71 mEq/kg de materia seca (MS). Las concentraciones de calcio iónico y κ -caseína en la leche se redujeron a medida que aumentó la DCAD, mientras que las concentraciones de nitrógeno ureico y β -lactoglobulina en la leche aumentaron. Además, el contenido de leche corregida con grasa al 3,5% y el contenido de grasa, lactosa y sólidos lácteos totales aumentaron linealmente en 13,52, 8,78, 2,5 y 2,6%, respectivamente, de acuerdo con los aumentos de DCAD de -71 a 290 mEq/kg de MS.

Wilkens et al. (2020) consideran que, en condiciones prácticas, la alimentación de una dieta con un balance dietético aniónico requiere un seguimiento y mantenimiento constantes. Además, la comodidad de las vacas en los corrales es de suma importancia, con atención específica al manejo de la densidad de población, la reducción del calor y los patrones de movimiento de las vacas, ya que estos factores son esenciales para optimizar la CMS durante todo el período del reto. Sin embargo, incluso con atención centrada en la alimentación adecuada con una dieta prepardo baja en DCAD, todavía existe una alta incidencia de SCH

Retención de placenta

La retención de las membranas fetales (RMF) podría definirse cuando las membranas fetales no han sido expulsadas dentro de las 24 h posteriores al parto, lo cual se convierte en una enfermedad muy costosa en vacas lecheras multíparas recién paridas lo que se ha relacionado a la supresión inmune, aumento de infecciones, movilización de lípidos, y estado agotado de antioxidantes incluyendo α -tocoferol, y eso aumenta el riesgo de otras enfermedades al comienzo de la

lactancia. Por lo tanto, la detección temprana de vacas con mayor riesgo de desarrollar RMF y otras enfermedades o ambos, en la lactancia temprana podría mejorar el éxito del tratamiento y mejorar la producción de leche y la salud reproductiva de las vacas (Qu et al., 2014).

La distocia, retención de placenta y metritis temprana en vacas Jersey tuvieron un efecto significativo sobre la producción de leche, principalmente a principios De la lactancia. El impacto de estas enfermedades varió según los partos y también entre diferentes niveles de producción de leche. La pérdida absoluta de leche pareció aumentar a medida que aumentó la cantidad de leche que produjo la vaca, lo que indica que las vacas de mayor rendimiento también pueden tener un mayor potencial de pérdida (Rajala & Gröhn, 1998).

El estrés de una mayor producción puede estar asociado con una mayor incidencia de la retención de membranas fetales (RMF). La incidencia de fiebre de la leche, que a menudo se asocia con una alta producción de leche, fue del 28% en las vacas con RMF en comparación con el 6% en las vacas normales (Muller & Owens, 1974).

Qu et al. (2014) llevaron a cabo la identificación de indicadores de riesgo de RMF, o de otras enfermedades o ambos, en lactancia temprana, comparando en el periparto (3 semanas antes a 7 semanas después del parto) la condición corporal, las concentraciones séricas de α-tocoferol, metabolitos (es decir, NEFA, BHBA, colesterol glucosa y urea N), haptoglobina y macrominerales (calcio, magnesio y fósforo) entre vacas lecheras multíparas que desarrollaron RMF, y otras enfermedades durante la lactancia temprana. El mejor indicador de riesgo temprano

para RMF fue una SCC preparto más bajo. Los mejores indicadores predictivos de enfermedad fueron las concentraciones séricas bajas de α -tocoferol y niveles de concentración más altos de NEFA y de BHBA durante el período preparto.

Lona-D y Romero-R (2001) realizaron una prueba con 27 vacas Holstein divididas en dos grupos para evaluar los efectos de la retención placentaria (PR) sobre los componentes del calostro. El contenido de grasa y proteína total fue similar en ambos grupos, pero las inmunoglobulinas en vacas con RMF ($7,58 \pm 6,72$ g/L) fueron significativamente más bajas que en las vacas sin RFM ($15,13 \pm 8,56$ g/L) (figura xy). Por el contrario, los niveles de caseína fueron más altos en las vacas con RFM ($38,61 \pm 17,05$ g/L vs. $27,60 \pm 12,71$ g/L) en comparación con las vacas sin PR.

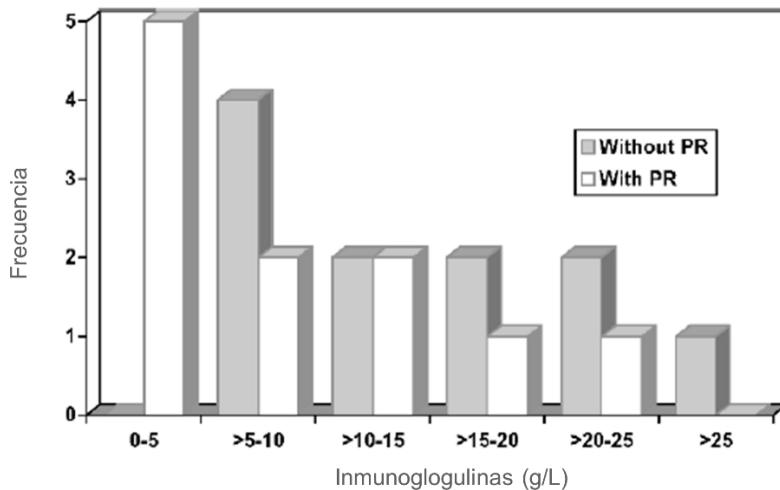


Figura 8 . Distribución de frecuencia de las concentraciones de inmunoglobulinas en vacas con y sin retención placentaria (PR). Aproximadamente la mitad de las vacas que presentaron PR presentaron niveles de inmunoglobulinas iguales o por debajo de 5 g/L, el 80% de las vacas tuvieron concentraciones inferiores a 15 g/L. Cualquier de las vacas sin PR presentaron niveles de IgA inferiores a 5 g/L.

La nutrición alrededor del parto es importante porque afecta la incidencia de la retención de las membranas fetales (RMF), las vacas multíparas con deficiencia de

selenio requieren la suplementación parenteral de selenio (50 mg de selenito) para que se disminuya la incidencia de la RMF (Julien et al., 1976).

Cetosis

La cetosis subclínica (KSC) puede ser definida cuando la concentración de β -Hidroxibutirato alcanza niveles de 1.2 a 2.9 mm/L en la sangre y la cetosis clínica es cuando esos niveles superan los 3mmol/L (McArt et al., 2012). Para Itle et al. (2015) la cetosis es una enfermedad muy común en las vacas, especialmente en los días posteriores al parto, pero a menudo no es diagnosticada adecuadamente y es la puerta de entrada a otras enfermedades metabólicas como la metritis, mastitis y desplazamiento de abomaso (Suthar et al., 2013).

Iwersen et al. (2009) evaluaron la eficacia de diagnóstico de un medidor electrónico de mano de β -hidroxibutirato (BHBA) (Precisión Xtra) para uso en ganado lechero. Los objetivos específicos fueron comparar el medidor electrónico de BHBA con las concentraciones séricas de BHBA determinadas fotométricamente y 2 pruebas químicas utilizadas comúnmente en las vacas (Ketostix, Ketolac) y evaluar la precisión en un estudio de campo en el que participaron 35 investigadores. La prueba Precision Xtra fue 100% sensible y específica a $\geq 1400 \mu\text{mol}$ de BHBA/L de sangre completa. Utilizando leche y orina, los valores predictivos positivos y negativos fueron considerablemente más bajos tanto para las pruebas químicas como para el medidor electrónico. Concluimos que el sistema electrónico de medición manual de BHBA que utiliza sangre total es una herramienta útil y práctica para diagnosticar la cetosis subclínica.

La práctica común de aumentar la densidad energética de la dieta durante el período seco cercano (últimas ~3 semanas antes del parto) se ha asociado recientemente con una mayor incidencia de trastornos metabólicos después del parto. A pesar de estos informes, la sobrealimentación de energía metabolizable (EM) durante secado es una política de manejo común destinada a lograr una puntuación óptima de la condición corporal (BCS) al parto en sistemas basados en pastos, ya que las vacas generalmente son más delgadas que el total, sin embargo, para garantizar una transición favorable, las vacas deben estar sujetas a una pequeña restricción de alimento durante el período de reto, independientemente del manejo nutricional al inicio del secado (Vailati-Riboni et al., 2017).

McArt, Nydam, and Oetzel (2012) realizaron un estudio epidemiológico en diferentes hatos comerciales para determinar los días en leche para el inicio de la KSC, encontrando que el 28% de las vacas dieron positivas a la KSC a los 5 días en leche (figura X). Así mismo, determinaron que esas vacas fueron 4.5 veces más susceptibles a ser desechadas del hato y produjeron 2.2 L de leche menos que las vacas que fueron diagnosticadas de KSC a los 8 días en leche.

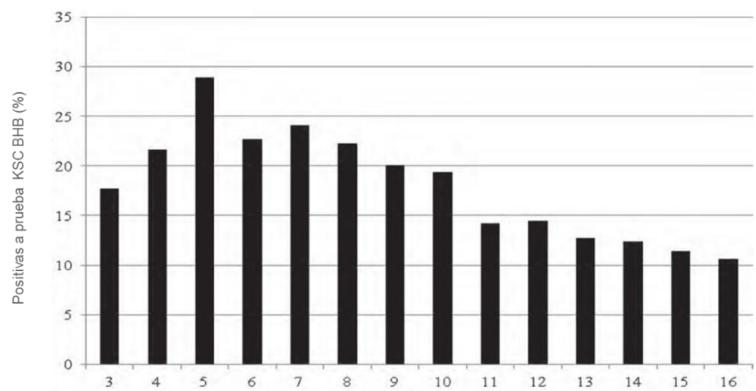


Figura 9. Histograma de prevalencia de cetosis subclínica (KSC) en 1,717 vacas Holstein bajo pruebas repetidas de cetosis, a partir de 3 pruebas definidas como positivas (1.2 a 2.9 mmol/L en sangre). McArt et al. (2012).

Suthar et al. (2013) estudiaron la prevalencia de KSC en 528 hatos comerciales de 10 países europeos en un período de 5 meses (mayo a octubre de 2011), encontrando que la prevalencia de KSC (determinada por la medición de BHB ≥ 1.2 mmol/L) en esos países tuvo una media de 21.8% (con un rango de 11.2 a 36.6%) y la presencia de este padecimiento fue mayor entre los días 2 a 15 posparto y las vacas afectadas por KSC incrementaron sus probabilidades de padecer metritis, cetosis clínica, laminitis y desplazamiento de abomaso.

El comportamiento de las vacas (tiempo de descanso (echadas) o tiempo que permanecen de pie) podría afectarse en las vacas que padecen cetosis clínica (KC).

El total de tiempo en que las vacas permanecieron de pie, fue más prolongado en las vacas diagnosticadas positivas a la KC que en las vacas que no tuvieron esta cetosis durante la semana anterior al parto (14.3 ± 0.6 vs 12 ± 0.7 h, respectivamente (Itle et al., 2015).

Por otra parte, Kaufman et al. (2016) monitorearon a 339 vacas de 4 hatos comerciales para determinar el tiempo de descanso y la KSC desde 21 días antes del parto; lo anterior lo realizaron usando registradores de datos automatizados, los animales fueron muestreados una vez a la semana para detectar β -Hidroxibutirato (vacas con 1.2 mmol/L de sangre, se consideraron positivas a KSC). Se observaron diferencias en el tiempo de descanso, las vacas adultas durante la semana 1 posparto, las vacas con cetosis emplearon 92 minutos más echadas que las vacas sin problemas (figura y); estos resultados sugieren que el tiempo de descanso podría servir para detectar vacas con problemas de cetosis asociados a otras enfermedades metabólicas, pero no para detectar KSC.

Además, el comportamiento de alimentación y social podrían asociarse a la KSC durante la semana posterior al parto. El comportamiento de alimentación durante tres semanas antes del parto y tres semanas después del parto de 101 vacas productoras de leche fue registrado. Por cada diez minutos de descenso en el tiempo promedio empleado en el alimentador durante la semana anterior al parto, incrementó 1.9 veces el riesgo de que las vacas desarrollarán KSC; durante la misma semana una disminución de un kg de MS diario incrementó el riesgo de KSC en 2.2 veces. Estos resultados indican que se debe poner atención especial en factores de manejo alimenticio y comportamiento social que pueden afectar negativamente el CMS durante el período de transición (Goldhawk et al., 2009).

Kaufman et al. (2016) evaluaron la relación que existe entre el tiempo de rumia y la CSK en vacas en transición, este estudio fue conducido en 4 granjas comerciales en el este de Ontario, Canadá. Un total de 339 vacas Holstein (107 vacas primíparas y 232 vacas multíparas) fueron monitoreadas para determinar la relación entre el tiempo de rumia y la presencia de cetosis desde el día 14 antes del parto hasta el día 28 postparto. Estos investigadores concluyeron que, para utilizar los datos de la rumia para ayudar a identificar vacas multíparas en riesgo de desarrollar cetosis subclínica después del parto, es importante comenzar a monitorear la rumia durante el período seco para establecer una línea de base para cada vaca.

La vitamina D está asociada al metabolismo del calcio en las vacas en período de transición, sin embargo, se desconoce si las concentraciones séricas de 25(OH)D medidas durante la lactancia anterior están asociadas con enfermedades de transición o factores de riesgo para la salud en el ganado lechero. Wisnieski et al.

(2020) realizaron una prueba para determinar las concentraciones de 25(OH) D en el período transición para determinar si se puede usar para predecir el incremento de las concentraciones de cetona en las vacas, estos investigadores determinaron que este metabolito podría usarse como un biomarcador para determinar las concentraciones de cetona durante la lactancia temprana. El aumento de las concentraciones de cetonas en la orina no es necesariamente perjudicial ni diagnóstico de cetosis, pero indica el desarrollo de un equilibrio energético negativo, estrés metabólico y un mayor riesgo de enfermedades de la lactancia temprana.

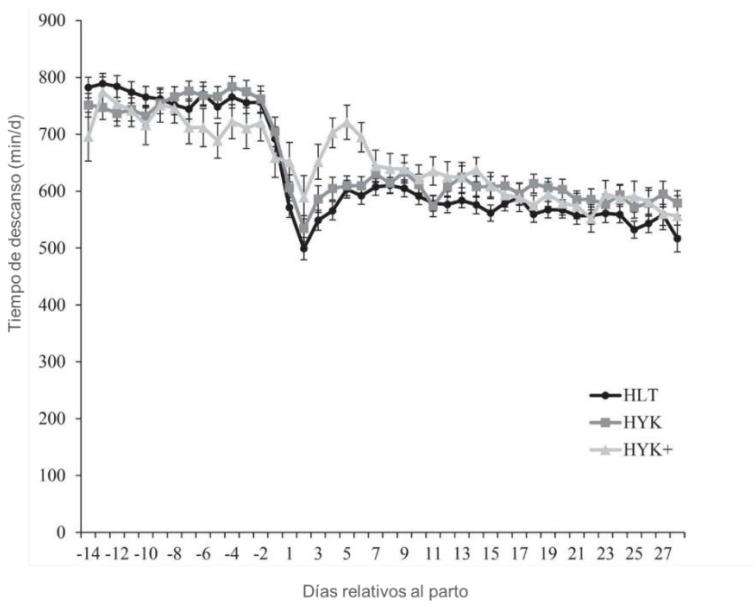


Figura 10. Tiempo promedio diario de reposo (media ± SE; min/d) durante el período de transición (-14 a 28 días) para vacas multiparas (Mp) sanas sin otras enfermedades (HLT; n = 87), vacas Mp subclínicamente cetónicas sin otras enfermedades problemas de salud (HYK; n = 76), y vacas Mp subclínicamente cetónicas con otros problemas de salud (HYK+; n = 39)

Gebreyesus et al. (2020) investigaron los efectos del genoma de la vaca y la composición microbiana ruminal sobre las concentraciones de acetona y BHB e identificaron la taxa ruminal asociada con la variación de la concentración de la acetona y BHB en leche. Este estudio examinó las capacidades predictivas de la

genética de las vacas y la composición microbiana del rumen para las concentraciones en la leche de los principales cuerpos cetónicos, acetona y BHB (figura xy). En general, los hallazgos de esta prueba sugieren una importante capacidad predictiva de la composición microbiana del rumen con respecto a las concentraciones de BHB y acetona en la leche de vaca lechera.

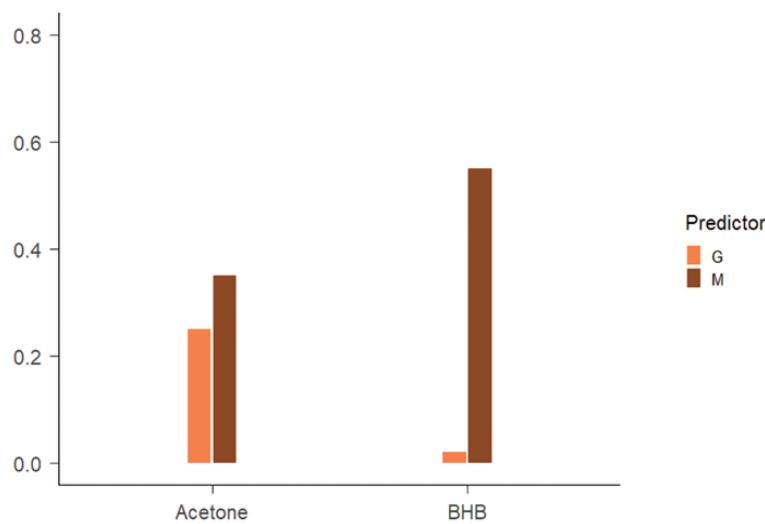


Figura 11. Predicción de la fiabilidad para las concentraciones de BHB y acetona usando predictores huéspedes genéticos o composición de microorganismos ruminantes

La autofagia se refiere a un proceso catabólico destinado a reciclar componentes celulares y orgánulos dañados en respuesta a diversas condiciones de estrés. La actividad autofágica está mediada por un mecanismo molecular complejo que incluye más de 30 genes relacionados con la autofagia y sus productos de expresión (ATG), entre los que ATG5 y ATG7 participan como proteínas centrales en la formación de autofagosomas. Yue et al. (2020) demostraron que una concentración baja (0,6 mM) de ácidos grasos libres pueden inducir estrés oxidativo y activar la autofagia en la célula epitelial mamaria bovina.

La autofagia y la mitofagia son procesos importantes responsables de descomponer el material celular inútil o tóxico y, en particular, las mitocondrias dañadas. Shen et al. (2021) demostraron diferencias en las actividades hepáticas de autofagia y mitofagia en vacas con SCK en comparación con vacas con CK. Aunque no se pudieron discernir los mecanismos precisos de estas diferencias, la autofagia y la mitofagia parecen estar involucradas en la cetosis.

McArt et al. (2011) determinaron el efecto de la administración oral de propilenglicol (PG) sobre el tratamiento de la cetosis y rendimiento lácteo de vacas diagnosticadas con CSK (vacas con una concentración entre 1.2 a 2.9 mM/L de BHB) y vacas con cetosis clínica (concentraciones mayores a 3 mM/l). Las vacas recibieron una toma de 300 ml de PG mediante sonda intraruminal. Según los índices de riesgo, las vacas tratadas con PG tenían 1,50 veces más probabilidades (intervalo de confianza del 95% = 1,26 a 1,79) de resolver su SCK y 0,54 veces menos probabilidades (intervalo de confianza del 95% = 0,34 a 0,86) de desarrollar cetosis clínica que las vacas de control. Estos resultados muestran efectos positivos de la administración oral de PG en vacas fresas que padecieron cetosis.

Sauer et al. (1989) utilizaron vacas Holstein de segunda lactancia o más que fueron gradualmente introducidas a un concentrado que contenía monensina. Los tratamientos se administraron una semana antes del parto hasta tres semanas después del mismo, se consideraron 15 y 30 g de monensina/tonelada de MS. La inclusión de monensina redujo los niveles de B-hidroxibutirato en la sangre que las vacas tratadas con monensina sódica, estas mismas vacas tuvieron una disminución en el CMS en relación a las que no fueron tratadas, pero no hubo

diferencia significativa en los cambios de condición corporal o en la producción de leche.

Cardoso et al. (2020) consideran que la formulación y entrega de dietas apropiadas que limiten la ingesta total de energía a las necesidades, pero también proporcionar cantidades adecuadas de todos los demás nutrientes antes del parto pueden ayudar a disminuir la extensión de NEB después del parto. Los efectos de tales dietas sobre los indicadores de salud metabólica son generalmente positivos, lo que sugiere el potencial para disminuir los efectos de las enfermedades metabólicas sobre la fertilidad. Proporcionar una dieta preparto DCAD negativa totalmente acidificada, con concentraciones apropiadas de Ca en la dieta (2,0% de MS), mejora del rendimiento reproductivo de las vacas lecheras. La suplementación dietética de vacas con metionina y Lisina protegida mejoraron la salud y el rendimiento reproductivo de vacas lecheras. La suplementación con metionina parece afectar al embrión previo a la implantación de una manera que potencia su capacidad de supervivencia.

El período de transición comprende la última parte del período de gestación y la promera fase de la etapa de lactancia, en este lapso de 42 días ocurre un cambio fisiológico, digestivo, endocrinológico y metabólico de gran trascendencia y los efectos de estos cambios tienen un impacto sobre la respuesta productiva y reproductiva de la vaca. El uso de aditivos (probióticos, aminoácidos, ionóforos, etc.) contribuyen a reducir la presncia de enfermedades metabólicas que son las responsables de la reducción de la respuesta productiva y reproductiva de estos

animales, por lo cual, la etapa de transición es de suma importancia para las vacas por lo que el manejo debe estar siempre bajo atención máxima.

Literatura citada

- Aikman, P. C., Henning, P. H., Humphries, D. J., & Horn, C. H. (2011). Rumen pH and fermentation characteristics in dairy cows supplemented with *Megasphaera elsdenii* NCIMB 41125 in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 94(6), 2840–2849. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3783>
- AlZahal, O., McGill, H., Kleinberg, A., Holliday, J. I., Hindrichsen, I. K., Duffield, T. F., & McBride, B. W. (2014). Use of a direct-fed microbial product as a supplement during the transition period in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 7102–7114. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8248>
- Barraclough, R. A. C., Shaw, D. J., Thorup, V. M., Haskell, M. J., Lee, W., & Macrae, A. I. (2020). The behavior of dairy cattle in the transition period: Effects of blood calcium status. *Journal of Dairy Science*, 103(11), 10604–10613. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18238>
- Block, E. (1994). Manipulation of Dietary Cation-Anion Difference on Nutritionally Related Production Diseases, Productivity, and Metabolic Responses of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 77(5), 1437–1450. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77082-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77082-X)
- Cardoso, F. C., Kalscheur, K. F., & Drackley, J. K. (2020). Symposium review: Nutrition strategies for improved health, production, and fertility during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5684–5693. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17271>
- Carlson, D. B., Litherland, N. B., Dann, H. M., Woodworth, J. C., & Drackley, J. K. (2006). Metabolic Effects of Abomasal L -Carnitine Infusion and Feed Restriction in Lactating Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 89(12), 4819–4834. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72531-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72531-0)
- Carlson, D. B., Mcfadden, J. W., Angelo, A. D., Woodworth, J. C., & Drackley, J. K. (2007). Dietary L -Carnitine Affects Periparturient Nutrient Metabolism and Lactation in Multiparous Cows 1. *Journal of Dairy Science*, 90(7), 3422–3441. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-811>

- Carlson, D. B., Woodworth, J. C., & Drackley, J. K. (2007). Effect of L-carnitine infusion and feed restriction on carnitine status in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 90(5), 2367–2376. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-605>
- Dann, H. M., Carter, M. P., Cotanch, K. W., Ballard, C. S., Takano, T., & Grant, R. J. (2007). Effect of partial replacement of forage neutral detergent fiber with by-product neutral detergent fiber in close-up diets on periparturient performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 1789–1801. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-692>
- Dann, H. M., Litherland, N. B., Underwood, J. P., Bionaz, M., D'Angelo, A., McFadden, J. W., & Drackley, J. K. (2006). Diets during far-off and close-up dry periods affect periparturient metabolism and lactation in multiparous cows. *Journal of Dairy Science*, 89(9), 3563–3577. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72396-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72396-7)
- DeGroot, M. A., Block, E., & French, P. D. (2010). Effect of prepartum anionic supplementation on periparturient feed intake, health, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 93(11), 5268–5279. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3092>
- Espadamala, A., Pallarés, P., Lago, A., & Silva-del-Río, N. (2016). Fresh-cow handling practices and methods for identification of health disorders on 45 dairy farms in California. *Journal of Dairy Science*, 99(11), 9319–9333. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11178>
- Gebreyesus, G., Difford, G. F., Buitenhuis, B., Lassen, J., Noel, S. J., Højberg, O., Plichta, D. R., Zhu, Z., Poulsen, N. A., Sundekilde, U. K., Løvendahl, P., & Sahana, G. (2020). Predictive ability of host genetics and rumen microbiome for subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, 103(5), 4557–4569. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17824>
- Goff, J. P., Ruiz, R., & Horst, R. L. (2004). Relative acidifying activity of anionic salts commonly used to prevent milk fever. *Journal of Dairy Science*, 87(5), 1245–

1255. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73275-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73275-0)
- Goldhawk, C., Chapinal, N., Veira, D. M., Weary, D. M., & von Keyserlingk, M. A. G. (2009). Prepartum feeding behavior is an early indicator of subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, 92(10), 4971–4977. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2242>
- Hayirli, A., Grummer, R. R., Nordheim, E. V., & Crump, P. M. (2002). Animal and dietary factors affecting feed intake during the prefresh transition period in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 85(12), 3430–3443. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74431-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74431-7)
- Itle, A. J., Huzsey, J. M., Weary, D. M., & von Keyserlingk, M. A. G. (2015). Clinical ketosis and standing behavior in transition cows. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 128–134. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7932>
- Iwersen, M., Falkenberg, U., Voigtsberger, R., Forderung, D., & Heuwieser, W. (2009). Evaluation of an electronic cowside test to detect subclinical ketosis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(6), 2618–2624. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1795>
- Julien, W. E., Conrad, H. R., Jones, J. E., & Moxon, A. L. (1976). Selenium and Vitamin E and Incidence of Retained Placenta in Parturient Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 59(11), 1954–1959. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(76\)84467-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(76)84467-0)
- Kaufman, E. I., LeBlanc, S. J., McBride, B. W., Duffield, T. F., & DeVries, T. J. (2016). Association of rumination time with subclinical ketosis in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(7), 5604–5618. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10509>
- Lawrence, M., Polukis, S., Barnard, A. M., Miller, M. A., Kung, L., & Gressley, T. F. (2021). Evaluating the effects of *Lactobacillus animalis* and *Propionibacterium freudenreichii* on performance and rumen and fecal measures in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 4119–4133. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19291>

- Liesegang, A. (2008). Influence of anionic salts on bone metabolism in periparturient dairy goats and sheep. *Journal of Dairy Science*, 91(6), 2449–2460. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-838>
- Lona-D, V., & Romero-R, C. (2001). Short communication: Low levels of colostral immunoglobulins in some dairy cows with placental retention. *Journal of Dairy Science*, 84(2), 389–391. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74488-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74488-8)
- Markantonatos, X., & Varga, G. A. (2017). Effects of monensin on glucose metabolism in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 9020–9035. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12007>
- Martins, C. M. M. R., Arcari, M. A., Welter, K. C., Netto, A. S., Oliveira, C. A. F., & Santos, M. V. (2015). Effect of dietary cation-anion difference on performance of lactating dairy cows and stability of milk proteins. *Journal of Dairy Science*, 98(4), 2650–2661. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8926>
- McArt, J. A. A., Nydam, D. V., & Oetzel, G. R. (2012). Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95(9), 5056–5066. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5443>
- McArt, J. A. A., Nydam, D. V., Ospina, P. A., & Oetzel, G. R. (2011). A field trial on the effect of propylene glycol on milk yield and resolution of ketosis in fresh cows diagnosed with subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, 94(12), 6011–6020. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4463>
- Mori, H., Sato, Y., Taketomo, N., Kamiyama, T., Yoshiyama, Y., Meguro, S., Sato, H., & Kaneko, T. (1997). Isolation and Structural Identification of Bifidogenic Growth Stimulator Produced by Propionibacterium freudenreichii. *Journal of Dairy Science*, 80(9), 1959–1964. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76138-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76138-1)
- Muller, L. D., & Owens, M. J. (1974). Factors Associated with the Incidence of Retained Placentas. *Journal of Dairy Science*, 57(6), 725–728. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(74\)84956-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(74)84956-8)

- Nocek, J. E., Kautz, W. P., Leedle, J. A. Z., & Block, E. (2003). Direct-fed microbial supplementation on the performance of dairy cattle during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 86(1), 331–335. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73610-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73610-8)
- Penner, G. B., & Oba, M. (2009). Increasing dietary sugar concentration may improve dry matter intake, ruminal fermentation, and productivity of dairy cows in the postpartum phase of the transition period. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3341–3353. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1977>
- Plaizier, J. C., Walton, J. P., Martin, A., Duffield, T., Bagg, R., Dick, P., & McBride, B. W. (2000). Short communication: Effects of monensin on 3-methylhistidine excretion in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83(12), 2810–2812. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75179-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75179-4)
- Proudfoot, K. L., Huzzey, J. M., & von Keyserlingk, M. A. G. (2009). The effect of dystocia on the dry matter intake and behavior of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 92(10), 4937–4944. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2135>
- Qu, Y., Fadden, A. N., Traber, M. G., & Bobe, G. (2014). Potential risk indicators of retained placenta and other diseases in multiparous cows. *Journal of Dairy Science*, 97(7), 4151–4165. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7154>
- Rajala, P. J., & Gröhn, Y. T. (1998). Effects of Dystocia, Retained Placenta, and Metritis on Milk Yield in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 81(12), 3172–3181. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75883-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75883-7)
- Richards, B. F., Janovick, N. A., Moyes, K. M., Beever, D. E., & Drackley, J. K. (2020). Comparison of prepartum low-energy or high-energy diets with a 2-diet far-off and close-up strategy for multiparous and primiparous cows. *Journal of Dairy Science*, 103(10), 9067–9080. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18603>
- Richards, B. F., Vasquez, J. A., Perfield, K. L., Kvidera, S. K., & Drackley, J. K. (2022). Rumen effects of monensin in dry cow diets varying in energy density. *Journal of Dairy Science*, 105(10), 8008–8015. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21917>

- Salin, S., Vanhatalo, A., Elo, K., Taponen, J., Boston, R. C., & Kokkonen, T. (2017). Effects of dietary energy allowance and decline in dry matter intake during the dry period on responses to glucose and insulin in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5266–5280. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11871>
- Sauer, F. D., Kramer, J. K. G., & Cantwell, W. J. (1989). Antiketogenic Effects of Monensin in Early Lactation. *Journal of Dairy Science*, 72(2), 436–442. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79125-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79125-6)
- Shen, T., Xu, F., Fang, Z., Loor, J. J., Ouyang, H., Chen, M., Jin, B., Wang, X., Shi, Z., Zhu, Y., Liang, Y., Ju, L., Song, Y., Wang, Z., Li, X., Du, X., & Liu, G. (2021). Hepatic autophagy and mitophagy status in dairy cows with subclinical and clinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 4847–4857. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19150>
- Shi, W., Haisan, J., Inabu, Y., Sugino, T., & Oba, M. (2020). Effects of starch concentration of close-up diets on rumen pH and plasma metabolite responses of dairy cows to grain challenges after calving. *Journal of Dairy Science*, 103(12), 11461–11471. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18768>
- Stephenson, K. A., Lean, I. J., Hyde, M. L., Curtis, M. . A., Garvin, J. K., & Lowe, L. B. (1997). Effects of Monensin on Metabolism of Periparturient Dairy Cows. *J Dairy Sci*, 80, 830–837.
- Suthar, V. S., Canelas-Raposo, J., Deniz, A., & Heuwieser, W. (2013). Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(5), 2925–2938. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6035>
- Tallam, S. K., Duffield, T. F., Leslie, K. E., Bagg, R., Dick, P., Vessie, G., & Walton, J. S. (2003). Ovarian follicular activity in lactating Holstein cows supplemented with monensin. *Journal of Dairy Science*, 86(11), 3498–3507. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73954-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73954-X)
- Vailati-Riboni, M., Farina, G., Batistel, F., Heiser, A., Mitchell, M. D., Crookenden, M. A., Walker, C. G., Kay, J. K., Meier, S., Roche, J. R., & Loor, J. J. (2017).

Far-off and close-up dry matter intake modulate indicators of immunometabolic adaptations to lactation in subcutaneous adipose tissue of pasture-based transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(3), 2334–2350. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11790>

Weich, W., Block, E., & Litherland, N. B. (2013). Extended negative dietary cation-anion difference feeding does not negatively affect postpartum performance of multiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(9), 5780–5792. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6479>

Wilkens, M. R., Nelson, C. D., Hernandez, L. L., & McArt, J. A. A. (2020). Symposium review: Transition cow calcium homeostasis—Health effects of hypocalcemia and strategies for prevention. *Journal of Dairy Science*, 103(3), 2909–2927. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17268>

Wisnieski, L., Brown, J. L., Holcombe, S. J., Gandy, J. C., & Sordillo, L. M. (2020). Serum vitamin D concentrations at dry-off and close-up predict increased postpartum urine ketone concentrations in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1795–1806. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16599>

Yue, S., Yang, C., Zhou, J., Wang, Z., Wang, L., Peng, Q., & Xue, B. (2020). Effect of heat stress on intake, rumen physiology, milk production and composition and supplementation of dietary fiber and dietary fats to alleviate heat stress: A review. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 57(5), 1421–1427. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/20.701>

Zhang, Q., Su, H., Wang, F., Cao, Z., & Li, S. (2015). Effects of energy density in close-up diets and postpartum supplementation of extruded full-fat soybean on lactation performance and metabolic and hormonal status of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 7115–7130. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9112>