

# SÍNDROME DE DEPRESIÓN DE GRASA EN LECHE – MFD

En estos momentos de incremento general en los costos de producción vale la pena revisar aspectos que pueden significar un aumento en el valor de la leche producida, o por el contrario, la reducción del valor de venta. Uno de ellos es la composición de la leche y en especial el contenido y composición de la grasa, que en nuestro mercado significa la obtención de premios o castigo para el establo.

Luis Ricardo Pérez García

COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE, COMO % DEL TOTAL DE ÁCIDOS GRASOS

ÁCIDO GRASO	PROMEDIO	MIN.	MÁX.
<b>ÁCIDOS GRASOS SATURADOS</b>			
C4:0 Ac. Butírico	4.4	4.0	5.1
C6:0 Ac. Caproico	2.4	2.1	2.9
C8:0 Ac. Caprílico	1.4	1.2	1.9
C10:0 Ac. Cáprico	2.7	2.4	3.5
C12:0 Ac. Láurico	3.3	3.0	4.1
C14:0 Ac. Mirístico	10.9	10.0	12.1
C15:0 Ac. Pentadecanoico	0.9	0.8	1.1
C16:0 Ac. Palmítico	30.6	28.7	34.1
C17:0 Ac. Margárico	0.4	0.4	0.5
C18:0 Ac. Esteárico	12.2	10.3	13.3
C20:0 Ac. Araquidónico	0.2	0.2	0.2
<b>TOTAL</b>	<b>64.4</b>	<b>63.1</b>	<b>78.8</b>
<b>ÁCIDOS GRASOS MONO INSATURADOS</b>			
C10:1 Ac. Caproleico	0.3	0.2	0.4
C14:1 Ac. Miristoleico	0.8	0.4	1.3
C16:1 Ac. Palmítoleico	1.0	0.9	1.8
C17:1 Ac. Margaroleico	0.1	<0.1	0.3
C18:1 Ac. Oleico	22.8	19.7	24.7
<b>TOTAL</b>	<b>25.0</b>	<b>22.2</b>	<b>28.5</b>
<b>ÁCIDOS GRASOS POLI INSATURADOS, Cis</b>			
C18:2 Ac. Linoleico	1.6	1.4	1.8
C18:3 Ac. Linoléico	0.7	0.6	0.9
<b>TOTAL</b>	<b>2.3</b>	<b>2.0</b>	<b>2.7</b>
<b>ÁCIDOS GRASOS TRANS</b>			
C16:1t Ac. Palmítelaidico	0.4	0.3	0.4
C18:1t Ac. Vaccénico	2.1	2.0	3.3
C18:2t Ac. Ruménico	0.2	0.1	0.5
<b>TOTAL</b>	<b>2.7</b>	<b>2.4</b>	<b>4.2</b>
<b>ÁCIDOS LINOLEICO CONJUGADO</b>			
CLA	0.4	0.3	0.5

*Adaptado de Mårsson, 2008.*

La grasa es un componente de la leche formado por alrededor de 400 diferentes ácidos grasos que tienen diferente origen. El 50 - 55% del total de los ácidos grasos de la leche son de cadena larga preformados, de los cuales 40 - 45% provienen de la dieta y 10% de Ácidos Grasos No esterificados (NEFA) que provienen de grasa corporal movilizada y que son transportados a la ubre vía sanguínea, principalmente ácido esteárico (C18:0); la cantidad de NEFA's se incrementa durante periodos de balance energético negativo como en el inicio de la lactancia y durante los primeros 60 días en producción. El otro 45 - 50% de los ácidos grasos son sintetizados de *novo* por las células epiteliales en la glándula mamaria e incluye ácidos grasos de cadena corta (C4 - C8) y ácidos grasos de cadena media (C10 - C14). Un caso particular es el ácido palmítico (C16), un ácido graso de cadena larga que puede tener ambos orígenes; puede provenir de la dieta, pero también es sintetizado de *novo* en la glándula mamaria.

De todos los componentes de la leche la grasa es el que presenta más variaciones tanto en concentración como en composición, éstas pueden ser debido a la presencia o ausencia de factores nutricionales y no nutricionales:

## Factores nutricionales

- Cantidad y tamaño de fibra de la dieta.
- Cantidad, tipo y tasa de fermentación de carbohidratos en la dieta.

- Tamaño de partículas de la dieta.
- Contenido de energía de la dieta.
- Cantidad, tipo y disponibilidad de la grasa de la dieta.
- Inclusión de buferizantes en la dieta.
- Inclusión de ionóforos en la dieta.
- Presencia de micotoxinas en el alimento.
- Manejo de la alimentación (forma de la dieta, frecuencia, espacio de comedero).

### Factores no nutricionales

- Genética / raza.
- Etapa de la lactancia.
- Temporada del año y clima: temperatura y humedad.
- Densidad poblacional.
- Presencia de mastitis.

Concentraciones bajas de grasa en leche durante tres días consecutivos de pesaje pueden considerarse como indicativo de que existe un problema de depresión de grasa. Son diversas las causas de variación de la concentración, pero debemos considerar por separado la disminución ocasionada por una causa específica, generalmente transitoria, de la presentación del **Síndrome de depresión de grasa en leche (MFD)**. MFD es un fenómeno más complejo que se presenta como el resultado de la interacción de la fermentación ruminal y el metabolismo de la glándula mamaria. Involucra cambios en el metabolismo de ácidos grasos insaturados a nivel ruminal y la producción de metabolitos intermedios que pasan del rumen hacia el intestino y al ser absorbidos llegan a la ubre vía sanguínea, reduciendo la síntesis de ácidos grasos de *novo* en la glándula mamaria. MFD puede ocasionar la disminución de hasta el 50% de la grasa y de la concentración de ácidos grasos de cadenas corta y media en leche.

Aunque la disminución de grasa en leche se asocia con frecuencia a vacas alimentadas con dietas con elevada tasa de fermentación, niveles elevados de carbohidratos, dietas con cantidades elevadas de grasas y con episodios de acidosis, para que se presente MFD debido a la alteración del proceso de **biohidrogenación** deben existir simultáneamente dos condiciones: a) La presencia de niveles elevados de ácidos grasos insaturados en el rumen, y b) La alteración del proceso de fermentación ruminal. Esto ocasiona la alteración tanto de la vía como de la tasa de **biohidrogenación** ruminal con la producción de ácidos grasos específicos como productos intermedios de la **biohidrogenación**

incompleta que disminuyen la expresión de enzimas lipogénicas en la glándula mamaria, inhibiendo la síntesis grasa.

## Metabolismo de grasas en el rumen: Hidrólisis y Biohidrogenación

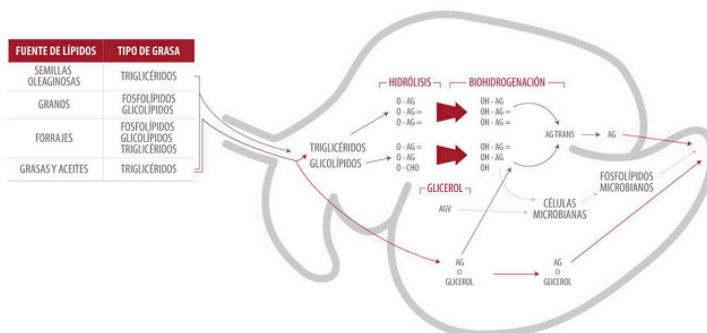
Los ingredientes que forman parte de las dietas de los rumiantes contienen lípidos que presentan ácidos grasos insaturados en su estructura, principalmente ácido oléico (C18:1), ácido linoleico (C18:2) y ácido linolénico (C18:3) en granos, pastas oleaginosas y ensilajes de cereales; mientras que el ácido palmítico (C16:0) y ácido linolénico (C18:3) son los principales ácidos grasos de pastos y forrajes. Al entrar en el rumen los lípidos sufren dos procesos como parte del metabolismo de lípidos: **hidrólisis** y **biohidrogenación**.

La **hidrólisis** es el primer paso metabólico y consiste en la separación de los ácidos grasos que forman parte de triglicéridos, fosfolípidos y glicolípidos de sus enlaces, éstos por medio de hidrolasas microbianas. La tasa de **hidrólisis** en el rumen es elevada y más del 85% de los ácidos grasos que entran en el rumen son hidrolizados.

Una vez libres en el rumen los ácidos grasos sufren **biohidrogenación**, un proceso mediante el cual las bacterias ruminales agregan átomos de hidrógeno uniéndolos a los átomos de carbono en la cadena estructural convirtiendo los ácidos grasos insaturados en ácidos grasos saturados. La **biohidrogenación** se lleva a cabo por acción de diversas enzimas microbianas (isomerasas y reductasas) producidas principalmente por *Butyrivibrio fibrisolvens* en la etapa

inicial y *Butyrivibrio proteoclasticus* en el final del proceso, dando como resultado final la reducción a ácido esteárico. Aunque en menor medida, otras bacterias que participan en el proceso son *Eubacterium*, *Fusocillus*, *Propionibacterium* y *Ruminococcus*.

Figura 1. Metabolismo de lípidos en el rumen; adaptado de Bauman y Lock (2006)

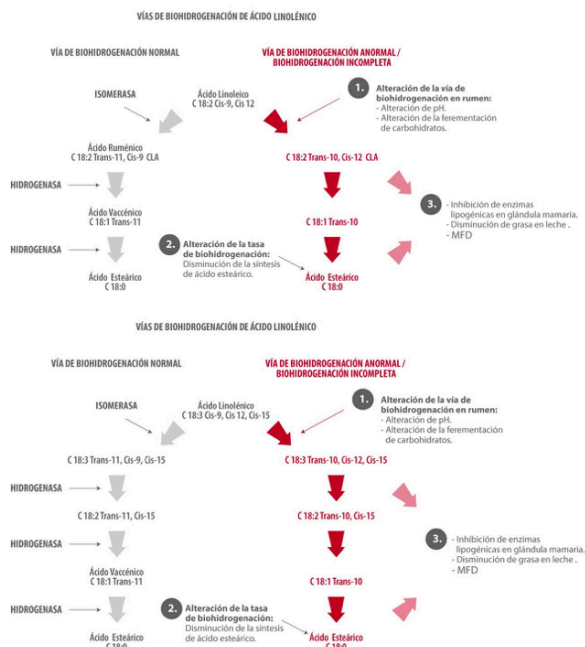


Los ácidos grasos son tóxicos para muchos de los microorganismos ruminales e inhiben el metabolismo microbiano, por lo que el proceso de **biohidrogenación** se considera un mecanismo de defensa de los microorganismos ruminales para reducir la toxicidad de los ácidos grasos insaturados. La toxicidad es más elevada cuando su grado de insaturación es mayor.

Las principales vías de **biohidrogenación** en rumen involucran al ácido linoleico (C18:2) y al ácido linolénico (C18:3), e implican la formación de productos

intermedios de configuración *trans* con doble enlace en el átomo de carbono 11, conocidos como productos intermedios *trans-11* (C18:2 *trans-11*, cis-9 CLA; C18:1 *trans-11*; C18:3 *trans-11*, cis-9, cis-15; 18:2 *trans-11*, cis-15; y 18:1 *trans-11*) dando como resultado la formación de ácido esteárico (C18:0) al final del proceso. A estas vías las podemos considerar como las vías normales de **biohidrogenación**.

**Figura 2.** Vías de biohidrogenación normales y alternas de ácido linoleico y ácido linolénico en el rumen.



Cuando se presentan condiciones con presencia de niveles elevados de Ácidos Grasos Insaturados en el rumen y por alguna razón se modifica el proceso de fermentación ruminal se produce la alteración de la vía normal de **biohidrogenación** ocasionando una **biohidrogenación alterna o incompleta**, dando como resultado la formación de productos intermedios *trans-10* (C18:2 *trans-10*, cis-12 CLA; C18:1 *trans-10*; C18:3 *trans-10*, cis-12, cis-15; 18:2 *trans-10*, cis-15 y 18:1 *trans-10*).

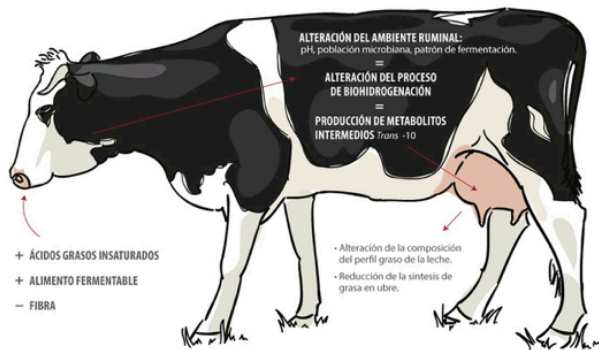
Aunque menor que la tasa de **hidrólisis**, en condiciones normales la tasa de **biohidrogenación** de los ácidos grasos es alta (ácido linoleico 70 - 95%, ácido linolénico 85 - 100%) pero la cantidad de ácidos grasos insaturados que son saturados depende del número y del tipo de población microbiana presente en el rumen, del pH ruminal y de la cantidad de ácidos grasos que ingresan al rumen en un momento determinado. Si se encuentran presentes cantidades elevadas de ácidos grasos en el rumen y se incrementa el flujo de productos intermedios al intestino, pueden no representar ningún problema, siempre y cuando estos productos intermedios sean producidos mediante la vía normal de **biohidrogenación** que producirá productos intermedios *trans-11*.

Por el contrario, si se presentan cambios en el ambiente ruminal, como la disminución del pH, ocasionará la modificación de la población microbiana, favoreciendo el crecimiento de bacterias que presentan patrones de **biohidrogenación** alternos y que producen compuestos intermedios *trans-10* que ocasionan depresión de grasa en leche. De acuerdo con *Bauman and Lock* solamente son necesarias cantidades pequeñas de productos intermedios específicos producidos en el rumen y que posteriormente lleguen a glándula mamaria para ocasionar depresión de grasa en leche; por ejemplo, la producción de 2 g/día de C18:2 *trans-10*, cis-12 CLA son suficientes para causar una

reducción del 20% de la síntesis de grasa en la glándula mamaria.

La elevada concentración de ácidos grasos en el rumen (linoleico, linolénico, eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) disminuye la eficiencia de la **biohidrogenación** debido a que inhiben o disminuyen la velocidad a la que el ácido vaccénico (C18:1 *trans*-11) es reducido a ácido esteárico (C18:0); el ácido vaccénico es acumulado sin ser reducido y esto permite que una parte fluya del rumen hacia el intestino y quede disponible para la absorción intestinal, disminuyendo la cantidad de ácido esteárico. La tasa y la eficiencia de la **biohidrogenación** en el rumen también se relacionan con los componentes de la dieta que puedan disminuir el pH a menos de 6.25, como el tamaño de partícula, la proporción de concentrados y forrajes, el exceso de almidón degradable en rumen y la ausencia de buferizantes. La eficiencia de la **biohidrogenación** es menor con

Figura 3. Esquema secuencial de los eventos involucrados en la presentación de MFD.



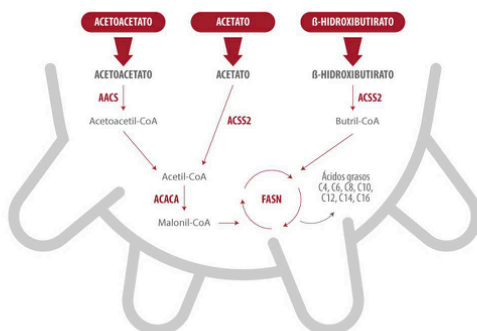
La tasa y la eficiencia de la **biohidrogenación** en el rumen también se relacionan con los componentes de la dieta que puedan disminuir el pH a menos de 6.25, como el tamaño de partícula, la proporción de concentrados y forrajes, el exceso de almidón degradable en rumen y la ausencia de buferizantes. La eficiencia de la **biohidrogenación** es menor con

niveles elevados de concentrados en la dieta y es mayor en dietas con niveles elevados de forrajes. Cuando disminuye la proporción de forraje y la cantidad de fibra efectiva el flujo de isómeros C18:1 *trans* totales que fluyen hacia el intestino puede duplicarse debido al incremento del flujo del isómero C18:1 *trans*-10 y que pueden llegar a ser hasta el 25% del total de los isómeros que fluyen hacia el intestino.

## Transferencia y síntesis de ácidos grasos en la glándula mamaria

El 50 - 55% del total de los ácidos grasos en leche son de cadena larga preformada (C16:0, C18:0, C18:1, C18:2), producidos en el rumen mediante la **biohidrogenación** y transportados a la ubre vía sanguínea. Una pequeña parte proviene también de lípidos microbianos que son absorbidos en el intestino y transportados a la ubre también vía sanguínea; las bacterias ruminales contienen 50 - 90 g de lípidos/kg de materia seca, localizados principalmente en la membrana celular.

Figura 4. Síntesis de ácidos grasos de novo en la glándula mamaria.



El otro 45 - 50% de los ácidos grasos de la leche son sintetizados de *novo* en la glándula mamaria. La síntesis de *novo* se lleva a cabo en las células

epiteliales mamarias a partir de los ácidos grasos volátiles, acetato (acetato y acetoacetato) y butirato ( $\beta$ -hidroxibutirato) producidos en el rumen mediante la fermentación de fibra y carbohidratos. Son absorbidos a través de la pared ruminal para ser transportados vía sanguínea a la glándula mamaria, en donde son utilizados como sustrato para la síntesis de ácidos grasos de cadena corta y mediana (C4:0 - C14:0) y de cadena larga (C16:0) mediante reacciones catalizadas por las enzimas acetoacetil CoA sintetasa (AACS), acetyl CoA carboxilasa (ACACA), acil CoA sintetasa 2 (ACSS2) y la enzima ácido graso sintetasa (FASN).

## **Minimizando el riesgo de presentación de MFD**

La inducción de MFD puede tomar 1 - 2 días una vez que se produce la alteración del proceso de fermentación ruminal, mientras que regresar a los niveles de grasa anteriores al inicio de MFD toma normalmente 10 - 15 días una vez corregidas las causas que la ocasionan, aunque este periodo puede extenderse hasta 21 días. Para minimizar el riesgo de MFD deben identificarse los factores nutricionales y de manejo que pueden desencadenar su aparición, o poder corregirla si ya se encuentra presente:

**Manejo de la alimentación.** El adecuado manejo de la alimentación permite mantener la estabilidad del rumen y la eficiencia de la fermentación. Es conveniente adoptar estrategias que permitan al animal establecer rutinas, acceso constante al alimento y obtener confort:

- Es importante mantener un adecuado número y tamaño de espacios en comedero, y no sobrepoblar corrales para evitar competencia por espacios y alimento.
- Alimentar de forma consistente dentro de un horario y frecuencia establecidos manteniendo alimento disponible evitando los comederos vacíos.
- Asegurar un mezclado uniforme del alimento, con una distribución de partículas, tamaño de partícula de grano y forraje adecuados.

**Monitoreo de ácidos grasos insaturados de la dieta.** Uno de los principales desencadenantes de MFD es la presencia de cantidades elevadas de ácidos grasos insaturados en rumen, por lo que es importante monitorear su presencia en las dietas. Esto puede realizarse mediante la estimación de la carga de Ácidos Grasos Insaturados en Rumen (RUFAL, Rumen Unsaturated Fatty Acid Load), que es un indicador del riesgo potencial de MFD considerando la cantidad de ácidos grasos insaturados presentes en la dieta y la cantidad de ácidos grasos insaturados que estarán presentes en el rumen. Incluye el total de los ácidos grasos insaturados contenidos en la dieta y aportados por todos y cada uno de los ingredientes de la dieta. El RUFAL es calculado sumando la cantidad

de los tres principales ácidos grasos insaturados (oléico (C18:1), linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3)) y se expresa en gramos consumidos/día o como porcentaje de la dieta. Dietas con contenidos de RUFAL menores a 3.5% del total de la materia seca indican una carga de ácidos grasos adecuada y/o no excesiva; contenidos de RUFAL mayores a 3.5% indican riesgo de MFD, por lo que es conveniente revisar la cantidad y tipo de grasa de la dieta y reevaluar la inclusión de ingredientes que aportan cantidades significativas de grasas insaturadas como DDG, pastas de oleaginosas y grasas suplementarias (aceites, sebos, grasas de sobrepaso).

**Optimizar el aporte de fibra efectiva.** Dietas con adecuados niveles de fibra proveniente principalmente de forrajes estimulan la rumia y la salivación. Tamaños de fibra menores al óptimo disminuyen el consumo, la digestibilidad de la fibra, la rumia y la salivación; fibras de un tamaño mayor al óptimo favorecen la selección de partículas de la dieta, prolongan el tiempo de retención y aumentan el tiempo dedicado a la masticación durante la rumia. Es recomendable mantener un nivel de FND de 28 - 35% de la materia seca, de los cuales el 20 - 23% del FND sea proveniente del forraje. Esto ayuda a mantener la estabilidad ruminal, limita la síntesis de productos intermedios *trans*-10 y favorece la síntesis de grasa en leche.

**Monitoreo de carbohidratos en la dieta.** Niveles elevados de almidón y carbohidratos de rápida fermentación pueden ocasionar acumulación de ácido láctico en el rumen y disminuir el pH ruminal. Estos cambios de pH en rumen provocan modificaciones en la población microbiana estimulando el crecimiento de poblaciones de bacterias que utilizan vías alternas de **biohidrogenación**, por lo que es conveniente mantener el nivel de CNF entre 35 y 42% y el nivel de almidón entre 23 y 28% de la materia seca de la dieta, y limitar los carbohidratos, de rápida fermentación.

**Modificación del DCAD de la dieta.** Elevar el DCAD (+27.5 a +50 meq/100 g) de las dietas de vacas en producción incrementa el contenido de grasa en leche y disminuye el riesgo de presentación de MFD, redirigiendo la vía de **biohidrogenación** alterna hacia la vía normal, disminuyendo la producción de productos intermedios *trans*-10 e incrementando la producción de productos intermedios *trans*-11. Esto puede lograrse mediante la inclusión de cationes, como potasio (K) en forma de carbonato, aunque se obtienen mejores resultados con la combinación de sodio (Na) y potasio (K). Balancear para un DCAD de +35 a +40 meq/100 g generalmente es adecuado.

**Buferizantes.** La inclusión de un buferizante es recomendable; incrementa y estabiliza el pH ruminal, especialmente en ganado alimentado con bajos niveles de fibra y/o niveles elevados de carbohidratos.

**Ionóforos.** Los ionóforos incrementan la producción de ácido propiónico y disminuye la producción de ácido láctico mediante la inhibición de bacterias Gram +. Sin embargo, algunas bacterias que llevan a cabo la **biohidrogenación** son también Gram + por lo que son sensibles a los ionóforos, lo que disminuye su número y altera el patrón de fermentación ruminal. Estos cambios a nivel ruminal incrementan la síntesis de ácidos grasos *trans* y de productos intermedios *trans*-10 debido a una **biohidrogenación** incompleta, incrementando también la tasa de flujo de productos intermedios *trans*-10 hacia el intestino disminuyendo la concentración de grasa en leche. Cuando en la dieta se combinan ionóforos con elevadas cantidades de almidón fermentable, fibra deficiente y ácidos grasos insaturados el riesgo de MFD se incrementa. Si se sospecha de MFD es conveniente retirar los ionóforos de la dieta.

**Micotoxinas.** Algunas especies de bacterias ruminales producen enzimas capaces de desnaturalizar micotoxinas, lo que hace a los rumiantes ligeramente menos susceptibles que otras especies. Sin embargo, esto aplica a cargas de micotoxinas bajas y no elimina completamente el riesgo que implican éstas. Las micotoxinas disminuyen el consumo de alimento y pueden modificar la población y el ambiente ruminal alterando el patrón de fermentación modificando la producción de Ácidos Grasos Volátiles (AGV) y favoreciendo la producción de productos intermedios *trans*-10. Además, reducen la digestibilidad de la Fibra Ácido Detergente (FAD) y proteína. El nivel de contaminación y la concentración de micotoxinas puede variar en un periodo de tiempo muy corto en función de muchos factores, como el tipo de contaminación, el clima, el manejo y el almacenamiento, por lo que es conveniente monitorear continuamente su presencia en la dieta, forrajes, ensilajes y materias primas; es recomendable incluir un adsorbente de micotoxinas en las dietas.

**Manejo durante estrés calórico.** La presentación de MFD durante episodios de estrés calórico se debe principalmente a la alteración del patrón de consumo de alimento y la reducción de la capacidad buffer de la saliva como resultado de la eliminación de bicarbonato de sodio por medio del jadeo, sudoración y orina en un intento por regular la temperatura corporal y mantener el pH metabólico. Durante estrés calórico, el riesgo de MFD puede disminuirse adoptando estrategias de manejo y alimentación dirigidas a disminuir la temperatura corporal como el uso de sombreaderos, sistemas de enfriamiento con ventiladores y aspersores, incrementando la frecuencia de alimentación, concentrando las dietas considerando un menor consumo, limitando la inclusión de ingredientes con concentraciones elevadas de grasas insaturadas e incluyendo bicarbonato de sodio en la dieta para recuperar el perdido. Por supuesto, debe proporcionarse libre acceso a agua fresca y limpia.



## Conclusiones:

La concentración de grasa de la leche depende del equilibrio entre la producción y transferencia de los ácidos grasos preformados en el rumen y la síntesis de ácidos grasos de *novo* en la glándula mamaria, equilibrio que a su vez depende del ambiente y funcionamiento ruminal y de la cantidad de ácidos grasos presentes en un momento determinado. Estos balances pueden romperse debido a factores nutricionales y de manejo ocasionando disminuciones transitorias en la concentración grasa y la presentación del Síndrome de depresión de grasa en leche o MFD. Para disminuir el riesgo de MFD el manejo de la alimentación debe enfocarse en controlar y limitar la acumulación de ácidos grasos insaturados en rumen y en estabilizar el ambiente ruminal para maximizar la eficiencia de los procesos de **hidrólisis y biohidrogenación**, evitando cambios que ocasionen alteraciones de la población microbiana y del proceso de fermentación ruminal normal que tengan como consecuencia la presentación de patrones de **biohidrogenación** alternos que originen compuestos intermedios *trans-10*.

## Bibliografía:

Fuente.

<https://www.ganaderia.com/destacado/sindrome-de-depresion-de-grasa-en-leche-mfd>

**Clic Fuente**



**MÁS ARTÍCULOS**