

CENTRO INTERNACIONAL DE ALTOS ESTUDIOS AGRONÓMICOS MEDITERRÁNEOS
INSTITUTO AGRONÓMICO MEDITERRÁNEO DE ZARAGOZA

Evaluación del comportamiento alimentario de las vacas en el parto como predictor de incidencias patológicas y la productividad en la siguiente lactación.

Mohammed Anouar BELAID

Este trabajo ha sido llevado a cabo en el Departamento de Ciencia Animal y de Alimentos Facultad de Veterinaria, Universidad Autónoma de Barcelona

Bajo la supervisión del

Dr. Sergio Calsamiglia Blancafort

Septiembre 2015

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ) por la financiación de mis estudios del máster. Cuyo carácter internacional ha estado muy presente durante estos casi dos años, haciendo de esta una experiencia muy enriquecedora tanto académicamente como personal por los compañeros y amigos que he conocido.

A mi director de tesis, Dr. **Sergio CALSAMIGLIA Blancafort** por aceptarme como becario en su proyecto, por su gran apoyo, consejos y contribución a la realización de este trabajo.
Un destacado agradecimiento.

A **JAUME Torres** y su mujer **MARIA** por su inestimable ayuda en la realización de este proyecto.

A Doctor **NASR Elbordeny** y **María Rodríguez**.

Al mejor coordinador de cursos de nutrición animal en el mundo
El señor **ARMANDO**.

A mis compañeros de departamento de ambos organismos, SNIBA y UAB.
A todos mis compañeros del IAMZ.

A mis mejores compañeros.

**Hachemi Mohammed Amine, Guenaoui Mohammed,
EL HADI, Abdelaali, Ahmed Rabia y Hamzaoui Soufiane.**

A mi mejor amiga **ADRIANA SIURANA**.

A mis preferidos **Carlos, Montse, Sandra, Ignacio y María cáatala**.

SIN VOSOTROS SOY NADA

A toda mi familia, con especial mención a mis padres **SAID** y **SAMIRA** y mi abuelo **KEDADRA Mohammed Eeguir** a mis hermanos **KHALED** y **FIRAS** y hermanas **SERINE** y **ABIR**.

A quien lo considero como mi segundo padre **Abdallah BENMOUSSA**.

A quien debo todo el éxito que he realizado, por su continuo apoyo, mensajes de ánimo y envío de fuerzas constante. A todos mis primos, por estar a mi lado cada día a pesar de la distancia.

...De todo corazón, muchísimas gracias.

LISTA DE ABREVIACIONES

AGNE	Ácidos grasos no esterificados.
BEN	Bilan energetico negativo
BCS	Condición corporal (Body condition score).
CMS	Consumo de materia seca.
DA	Desplazamiento de abomaso.
PDI	Proteína degradable en el intestino.
PV	Peso vivo.
RP	Retención placentaria.
UFL	Unidades forrajeras de leche.

RESUMEN

La fase de transición consiste en el periodo desde 3 semanas previas al parto hasta 3 semanas postparto (Drackley, 1999; Grummer, 1995). En este periodo se produce un pico de incidencia de enfermedades (fiebres de la leche, cetosis, retención de placenta y desplazamiento del abomaso, metritis y mastitis principalmente). Estas enfermedades pueden tener un gran impacto negativo sobre la economía de las explotaciones lechera. Las estrategias de nutrición y manejo de la alimentación en la fase preparto juegan un papel muy importante en su prevención. Un tratamiento de todo el rebaño de forma preventiva puede ser una buena solución para evitar la aparición de estas enfermedades, pero en general tiene un coste económico elevado. En consecuencia, este tratamiento preventivo en vacas que no estarán enfermas después el parto supone una pérdida económica importante para los ganaderos. La capacidad de predicción de qué vacas pueden estar enfermas en el postparto ha centrado el interés de muchas investigaciones en estos últimos años. Urton et al. (2005) encontraron que la predicción basada sobre el comportamiento alimentario de las vacas en el preparto puede ser útil para el caso de la metritis. Las mismas conclusiones fueron alcanzadas por Huzzey et al. (2007). Los equipos usados para la monitorización del comportamiento en los estudios científicos son caros y limitan su utilización en condiciones de campo donde tendría su interés. El objetivo de este estudio fue buscar una alternativa viable en condiciones de campo para la predicción de las distintas enfermedades que ocurren en el periodo de transición. La disponibilidad de nuevos equipos comerciales tales como los podómetros de última generación hace más fácil estudiar, además del comportamiento alimentario, otras actividades en el preparto como el tiempo de pie y tumbada de las vacas, el número de pasos y de cambio de pie a tumbada. El experimento se realizó en una granja comercial de más de 1.800 vacas lecheras. La repetibilidad de las medidas de los podómetros se comprobó mediante la colocación de dos podómetros en cada una de 16 vaca. En 129 vaca se registraron todas las actividades durante el periodo de 3 semanas previas al parto y la incidencia de patologías postparto. Los análisis estadísticos se hicieron con el programa SAS (versión 9.1) utilizando un modelo lineal general para la comprobación de la fiabilidad del sistema, y un modelo de regresión múltiple en el caso de la predicción de enfermedades. Los resultados obtenidos indicaron que los datos de podómetros son repetible. Además, el sistema es capaz de identificar las vacas que estarán enfermas después el parto, y de qué enfermedad. Por ejemplo, el

aumento de tiempo tumbado puede ser un buen indicador en el caso de la mastitis. El aumento del tiempo tumbado puede predecir el desplazamiento del abomaso. La disminución en el número de pasos, el número de visitas al comedero y el tiempo de acceso al comedero ayuda a predecir la presencia de metritis e hipocalcemia, pero la hipocalcemia reduce los cambios de pie a tumbado por lo cual podemos diferenciar entre estas dos enfermedades. La retención placentaria está relacionada con la disminución del tiempo de acceso al comedero y el aumento en el tiempo de pie.

ABSTRACT

The transition period is from 3 week prepartum until 3 week postpartum (Drackley, 1999; Grummer, 1995). This period is often associated with a peak incidence of diseases (milk fever, ketosis, retained placenta (RP), displaced abomasum (DA), metritis and mastitis, mainly). These diseases have a large negative impact on the economy of dairy farms. Preventive treatments to the whole group can be a good solution to avoid it. However, preventive treatments to cows that will not be sick after calving are an important economic loss for farmers. Nowadays, the prediction of postpartum diseases has become a very important issue. Urton et al. (2005) found that feeding behavior of dry cows in the prepartum period can predict the risk of metritis. The same result was found by Huzzey et al. (2007). The equipment used in both experiment to monitor feeding behavior limits their use in field conditions where they have their interest. The aim of this research was to find a suitable alternative to monitor behaviour to search if we can predict different peripartum diseases at same time. The new generation pedometers can monitor cow's activities such as feeding behavior, lying and the standing time, the number of steps and swaps...etc. Our experiment was conducted in a commercial farm with more than 1,800 dairy cows. The repeatability of the pedometer measures was tested by placing two pedometers in each of 16 cows. In 129 cows all activities were recorded during the three weeks prior to delivery and the incidence of postpartum pathologies. The statistical analyzes were performed with SAS software (version 9.1) using a general linear model for testing the reliability of the system and a multiple regression model in the case of prediction of diseases. The results indicated that data obtained from pedometers are repeatable and able to predict what type of diseases will occur. The increase in the number of steps and the number of visits at the feedbunk can help us to predict the presence of metritis or milk fever. Furthermore, the increase in the number of swaps can predict the milk fever, so we can differentiate between milk fever and metritis. Retained placenta is much related with the decrease of the time in the fedbunk and the increase of the standing.

RESUME

La phase de transition est la période qui consiste entre les trois dernières semaines avant le vêlage et les trois premières semaines après le vêlage (Drackley, 1999; Grummer, 1995). Il est souvent associé avec un pic d'incidence des maladies (fièvre de lait, une cétose, rétention placentaire, déplacement de la caillette, métrite et la mammite principalement). Ces maladies peuvent avoir un grand impact négatif sur l'économie des exploitations laitières. La prévention durant la période partum joue un rôle très important. Les traitements préventifs des troupeaux peuvent être une bonne solution pour prévenir l'apparition de ces maladies. Le traitement préventif des vaches qui ne seront pas malade après l'accouchement présente une perte pour les agriculteurs. Au cours des dernières années la prédiction des maladies post-partum est devenue très important. Urton et al. (2005) ont constaté que la prédiction basée sur le comportement alimentaire des vaches dans le partum peut être utile dans le cas de la métrite, le même résultat a été trouvé dans le travail de Huzzey et al. (2007). Les matériaux utilisés dans la théorie limite leur utilisation dans la réalité où ils ont son intérêt. Notre objectif était de trouver en plus d'une alternative pour réaliser ces théories, recherché si on est capable de prédire d'autres maladies. La présence de nouveaux matériaux commerciaux tels que les podomètres nous permet en plus d'étudier le comportement alimentaire, autres activités comme le temps debout de vache y le temps tombé, autre chose peut être calculé est le numéro de pas. Notre expérience a été menée dans une ferme commerciale construit de plus de 1800 vaches laitières pour voir si l'utilisation des podomètres peut prédire la présence ou l'absence des maladies et prédire si possible quelle est le type de maladie. La répétabilité des mesures podomètre a été testée en plaçant deux podomètres dans chacune des 16 vaches. En 129 vaches toutes les activités ont été enregistrées pendant les trois semaines avant l'accouchement et de l'incidence des pathologies post-partum. Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel SAS (version 9.1) en utilisant un modèle linéaire général pour tester la fiabilité du système et, un modèle de régression multiple dans le cas de la prédiction des maladies. Les résultats obtenus indiquent que les données obtenues à partir de podomètres sont répétables et fiables et que l'utilisation de podomètres qui peut également identifier les vaches malades, il est également fiable pour prédire le type de maladie on se basant sur les changements de comportement durant le partum des vaches. La diminution dans le nombre de pas, et le nombre de visite à la mangeoire peuvent nous

aider à prédire la présence de métrite et la fièvre de lait. On plus la fièvre du lait présente une diminution dans le numéro de changement de pie a couché, donc on peut différencier entre les deux maladies. La rétention placentaire et très corrélée avec la diminution du temps d'accès à la mangeoire.

INDICE

1. INTRODUCCION	3
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	5
2.1. La fase de transición y su importancia.....	7
2.2. Problemas relacionados con la fase de transición.....	9
2.2.1. Enfermedades.....	9
2.2.1.1. Fiebre de la leche.....	9
2.2.1.2. Cetosis.....	10
2.2.1.3. Desplazamiento del abomaso.....	11
2.2.1.4. Retención de placenta.....	12
2.2.1.5. La metritis.....	12
2.2.2. El coste económico de las enfermedades postparto.....	13
2.2.3. El origen de las enfermedades del periparto.....	19
2.3. La nutrición y el periparto.....	21
2.4. El comportamiento alimentario en vacuno lechero en la fase del parto.....	23
2.5. Los cambios en el comportamiento alimentario preparto es un indicador de trastornos postparto.....	28
3. OBJETIVOS	33
4. MATERIAL Y MÉTODOS	37
4.1. Animales e instalaciones.....	39
4.2. Reproducción.....	40
4.3. La instalación y funcionamiento del sistema de podómetros.....	41
4.4. El diseño experimental.....	48
4.5. Análisis estadístico.....	49
5. RESULTADOS Y DISCUSSION	51
5.1. Experimento 1: el comportamiento normal de las vacas en el secado (<i>time Budget</i>).....	53
5.2. Experimento 2: la repetitividad de los podómetros a través del uso de dos podómetros en la misma vaca.....	56
5.3. Experimento 3: la predicción de enfermedades posparto mediante el uso de podómetros.....	56
5.3.1. Vacas sanas vs vacas enfermas (desplazamiento de abomaso, retención placentaria, hipocalcemia y metritis).....	56
5.3.2. Vacas sanas vs vacas con metritis.....	60
5.3.3. Vacas sanas vs vacas con retención placentaria.....	63
5.3.4. Vacas sanas vs vacas con hipocalcemia.....	66
5.3.5. Vacas sanas vs vacas con desplazamiento de abomaso.....	69
5.3.6. Vacas sanas vs vacas con mastitis.....	72
5.3.7. Análisis del conjunto de enfermedades y capacidad de identificación de enfermedades específicas.....	75
6. CONCLUSIÓN	77
7. BIBLIOGRAFÍA	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. La incidencia, rango de incidencia y el tiempo de ocurrencia de enfermedades postparto. (Kelton et al., 1998).....	13
Tabla 2. Factores que intervienen en el cálculo de los costes de enfermedades de transición en ganado lechero.....	17
Tabla 3. Los costes de enfermedades de transición en ganado lechero.....	18
Tabla 4. Costes de enfermedades de transición calculados por vaca y por rebaño de 100 vacas.....	19
Tabla 5. Enfermedades de transición: problemas y origen.....	20
Tabla 6. El comportamiento de las vacas en producción y en el secado (<i>Time Budget</i>).....	27
Tabla 7. Ingredientes (cantidad en Kg de materia fresca y porcentaje de materia seca).....	39
Tabla 8. El comportamiento normal de las vacas (Tiempo de acceso al comedero, tiempo de descanso, tiempo de pie y número de pasos) en el parto.....	53
Tabla 9. Resultados de las medidas de los podómetros (P1) y (P2) colocados en cada una de las patas de 16 vacas durante 10 días, el error estándar y el valor <i>P</i> obtenidos del modelo lineal general (<i>GLM</i>) para el estudio de la repetitividad y la fiabilidad de los podómetros.....	56
Tabla 10. Resultados de la comparación en el comportamiento de vacas sanas vs vacas enfermas.....	57
Tabla 11. Resultados de la comparación en el comportamiento de vacas sanas vs vacas con metritis.....	60
Tabla 12. Resultados de la comparación en el comportamiento de vacas sanas vs vacas con retención placentaria.....	63
Tabla 13. Resultados de la comparación en el comportamiento de vacas sanas vs vacas con hipocalcemia.....	66
Tabla 14. Resultados de la comparación en el comportamiento de vacas sanas vs vacas con desplazamiento de abomaso.....	69
Tabla 15. Resultados de la comparación en el comportamiento de vacas sanas vs vacas con mastitis.....	72
Tabla 16. Resumen de los efectos significativos de las enfermedades postparto.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática de las diferentes fases del ciclo productivo anual de las vacas lecheras.....	7
Figura 2. Evolución del consumo, la condición corporal, la producción de leche y el balance energético en una vaca lechera de alta producción en la fase de transición (Baeck, 2012).....	8
Figura 3. Evolución de la materia seca ingerida y la ingesta recomendada en energía, proteína y calcio en el periparto (Joly, 1998).....	21
Figura 4. Relación entre el CMS y la concentración de AGNE en la plasma durante el periodo de transición (Grummer, 1993).....	22
Figura 5. Consumo voluntario de materia seca durante las tres semanas antes del parto para vacas primíparas (■) y múltiparas (○) (Grummer et al., 2004).....	25
Figura 6. Media diaria del tiempo comiendo (min/d) de 9 vacas Holstein con metritis aguda (Δ) y 17 vacas Holstein sin metritis aguda (□) durante 12 d antes del parto hasta 19 después del parto.(Urton et al., 2005).....	29
Figura 7. Media diaria de ingestión de materia seca (CMS) (kg/d) vacas lecheras Holstein sanas, con metritis ligera, y con metritis severa, desde el día 13 antes del parto hasta el día 21 después del parto (Huzzey et al., 2007).....	30
Figura 8. Media diaria del tiempo comiendo (min/d) de vacas lecheras Holstein sanas, con metritis ligera, y con metritis severa, desde el día 13 antes del parto hasta el día 21 después del parto (Huzzey et al., 2007).....	31
Figura 9. Lote de vacas secas en cama compost.....	41
Figura 10. Ranura a distancia de 20 cm de la pared de los comederos.....	42
Figura 11. Cable de acero en la ranura.....	42
Figura 12. Cable tapado de cemento en la ranura.....	43
Figura 13. Cable de hierro fijado en la cordinaza.....	43
Figura 14. La conexión del cable al activador.....	44
Figura 15. Transceptor colocado en el techo de la parte central de la nave.....	44
Figura 16. Receptor colocado en la oficina.....	45
Figura 17. Podómetro comprobador.....	45

Figura 18. Podómetro puesto en la pata anterior de una vaca	46
Figura 19. Esquema descriptivo del sistema de podómetros.....	47
Figura 20. Diagrama representativo del sistema del presupuesto del tiempo de las vacas en el parto.....	53
Figura 21. Tiempo de acceso al comedero (vacas sanas).....	55
Figura 22. El número de visitas al comedero (vacas sanas).....	55
Figura 23. El número de cambio de pie a tumbado (vacas sanas).....	55
Figura 24. Número de pasos (vacas sanas).....	55
Figura 25. El tiempo tumbado (vacas sanas).....	55
Figura 26. Tiempo de pie (vacas sanas).....	55
Figura 27. Tiempo de acceso al comedero (sanas vs enfermas).....	59
Figura 28. El número de visitas al comedero (sanas vs enfermas).....	59
Figura 29. El número de cambio de pie a tumbado (sanas vs enfermas).....	59
Figura 30. Número de pasos (sanas vs enfermas).....	59
Figura 31. El tiempo tumbado (sanas vs enfermas)	59
Figura 32. Tiempo de pie (sanas vs enfermas).....	59
Figura 33. Tiempo de acceso al comedero (sanas vs metritis).....	62
Figura 34. El número de visitas al comedero (sanas vs metritis).....	62
Figura 35. El número de cambio de pie a tumbado (sanas vs metritis).....	62
Figura 36. Número de pasos (sanas vs metritis).....	62
Figura 37. El tiempo tumbado (sanas vs metritis).....	62
Figura 38. Tiempo de pie (sanas vs metritis).....	62
Figura 39. Tiempo de acceso al comedero (sanas vs RP).....	65
Figura 40. El número de visitas al comedero (sanas vs RP).....	65
Figura 41. El número de cambio de pie a tumbado (sanas vs RP).....	65
Figura 42. Número de pasos (sanas vs RP).....	65
Figura 43. El tiempo tumbado (sanas vs RP).....	65
Figura 44. Tiempo de pie (sanas vs RP).....	65
Figura 45. Tiempo de acceso al comedero (sanas vs hipocalcemia).....	68
Figura 46. El número de visitas al comedero (sanas vs hipocalcemia).....	68
Figura 47. El número de cambio de pie a tumbado (sanas vs hipocalcemia).....	68

Figura 48. Número de pasos (sanas vs hipocalcemia).....	68
Figura 49. El tiempo tumbado (sanas vs hipocalcemia).....	68
Figura 50. Tiempo de pie (sanas vs hipocalcemia).....	68
Figura 51. Tiempo de acceso al comedero (sanas vs DA).....	71
Figura 52. El número de visitas al comedero (sanas vs DA).....	71
Figura 53. El número de cambio de pie a tumbado (sanas vs DA).....	71
Figura 54. Número de pasos (sanas vs DA).....	71
Figura 55. El tiempo tumbado (sanas vs DA).....	71
Figura 56. Tiempo de pie (sanas vs DA).....	71
Figura 57. Tiempo de acceso al comedero (sanas vs mastitis).....	74
Figura 58. El número de visitas al comedero (sanas vs mastitis).....	74
Figura 59. El número de cambio de pie a tumbado (sanas vs mastitis).....	74
Figura 60. Número de pasos (sanas vs mastitis).....	74
Figura 61. El tiempo tumbado (sanas vs mastitis).....	74
Figura 62. Tiempo de pie (sanas vs mastitis).....	74

1. INTRODUCCION

La fase de transición es un periodo muy importante en la vida de una vaca lechera, y consiste en el periodo desde 3 semanas previas al parto hasta 3 semanas postparto (Drackley, 1999; Grummer, 1995). El nombre transición viene de la transición que existe entre el periodo seco y el periodo de la lactación. Esta transición, que es el paso del estado de gestación y no lactación al estado de lactación, tiene una gran importancia en el ciclo productivo de la vaca debido a su asociación a menudo con un pico de incidencia de enfermedades (fiebres de la leche, cetosis, retención de placenta, desplazamiento de abomaso, metritis y mastitis, principalmente).

Las enfermedades postparto tienen un gran impacto sobre la economía de las explotaciones a través de sus efectos negativos en la disminución de la producción lechera, los costes que se generan para tratar las vacas enfermas y la pérdida debido al retraso de la recuperación de la función reproductiva postparto...etc. La aparición de estas enfermedades en el postparto está relacionada al menos en parte con el manejo nutricional en las tres semanas anteriores al parto. La prevención y la aplicación de medidas de precaución basadas en la nutrición preparto puede ser una buena solución debido a que la nutrición juega un papel central en estos problemas sanitarios (Bareille et al., 2003).

Hacer lotes de vacas preparto y usar raciones específicas como forma de prevención, además de ser caro, genera más trabajo y necesita una infraestructura especial que a veces no está disponible en todas las granjas lecheras. Un tratamiento preventivo de todas las vacas secas mediante la suplementación de vitaminas, minerales o productos comerciales puede ser una alternativa. Pero también es un tratamiento caro por el hecho de que estamos tratando todas las vacas sin saber los que van a estar enfermas. Por ejemplo, un rebaño con 200 vacas secas, si tienen una incidencia de 5% de hipocalcemia, sólo 10 vacas estarán enfermas, y por lo tanto se tratarán 190 vacas que no requerían dicho tratamiento.

Si llegamos a predecir el riesgo de aparición de estas enfermedades podremos reducir mucho el coste de prevención en más de un 70% dependiendo de la incidencia de la enfermedad. Recientemente se ha demostrado que los cambios en el comportamiento preparto pueden ser un indicador de la incidencia de trastornos posparto. Goldhawk et al. (2009) determinaron que los cambios en el comportamiento alimentario y social estaban asociados con la cetosis subclínica de

las vacas durante la primera semana después el parto. Urton et al. (2005) y Huzzey et al. (2007) observaron que las vacas que desarrollan metritis después del parto tenían un comportamiento distinto a las vacas sanas en el periodo preparto.

Parece muy interesante que a partir del uso de indicadores de comportamiento preparto se pueda predecir la aparición de enfermedades antes de su aparición en el postparto. Esta predicción, además de ser beneficiosa para la rentabilidad de la explotación, favorece el bienestar animal, porque si la enfermedad se detecta antes de su aparición y antes de la expresión de síntomas por el animal, su tratamiento es mucho fácil que cuando se diagnostica en su fase clínica.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LA FASE DE TRANSICIÓN Y SU IMPORTANCIA

El ciclo productivo anual de una vaca lechera se divide en dos periodos: un periodo de lactación y un periodo seco. Tradicionalmente, el ciclo productivo de la vaca es de un parto al año, donde 10 meses son de lactación y 2 meses de secado. El secado se extiende desde el final de la lactación hasta el momento del parto. El periodo seco puede diferenciarse en dos partes: la fase de reposo real y el preparto, que forma parte de la fase de transición. La Figura 1 representa las diferentes fases en el ciclo anual de una vaca lechera.

La fase de transición consiste en el periodo desde 3 semanas previas al parto hasta 3 semanas postparto (Drackley, 1999; Grummer, 1995). El preparto tiene como objetivo preparar a la vaca para el parto y la siguiente lactación. El parto es el evento central de la fase de transición. Finalmente, el postparto es la etapa más importante en todo el ciclo productivo. Durante la fase de transición, las vacas están sometidas a una fragilidad inmunitaria hormono-dependiente, a cambios metabólicos (debido a la magnitud de la cantidad de leche que se produce) y a la dislocación de los órganos abdominales (desarrollo del feto y parto).

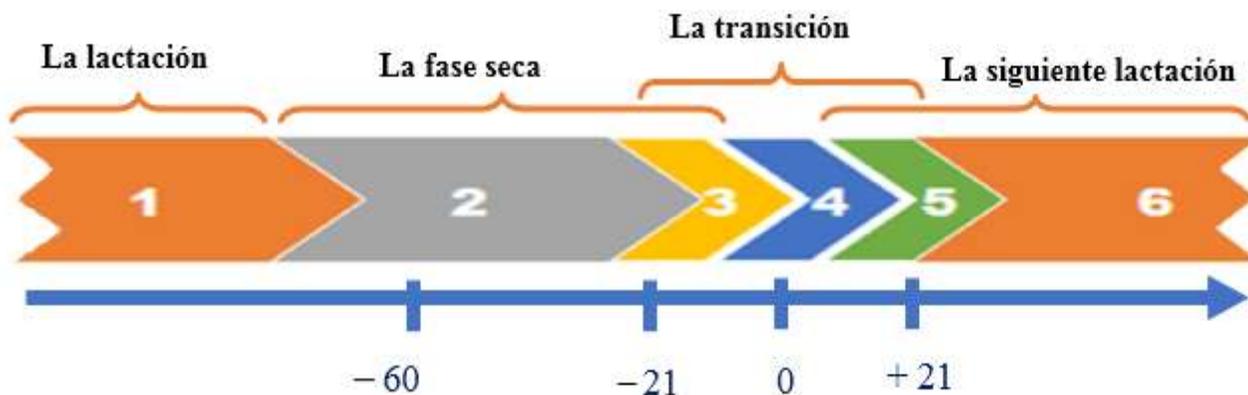


Figura 1. Representación esquemática de las diferentes fases del ciclo productivo anual de las vacas lecheras. 1, lactación; 2, fase del reposo real; 3, preparto; 4, parto; 5, postparto; 6, siguiente lactación.

La importancia de la fase de transición se ha destacado en varios artículos de revisión (Grummer, 1995; Drackley, 1999; Ingvarsen et al., 2003), debido a la relevancia que juega en el ciclo fisiológico del vacuno lechero. Esta última corresponde a dos periodos fisiológicos muy

diferentes: un final del secado, caracterizado por bajas necesidades nutricionales y el desarrollo fetal, y una lactancia temprana caracterizada por altas necesidades nutricionales (Joly, 1998). Este cambio súbito en las necesidades de nutrientes, que se acompaña con una ingestión de materia seca limitada alrededor del parto y una movilización de reservas corporales (Bell, 1995), es uno de los principales desafíos para las vacas lecheras que se enfrentan, además, a una serie de factores de estrés, como el reagrupamiento social y los cambios físicos, hormonales y fisiológicos (Drackley, 1999; Figura 2). Por lo tanto, este periodo es de enorme importancia, siendo vital seguir ciertas normas nutricionales y de manejo que pueden minimizar el riesgo de aparición de enfermedades que acompañan al período puerperal inmediato (De Luca, 2006). Estas enfermedades no sólo perjudican al estado de salud de las vacas sino también a su productividad y fertilidad.

Si la vaca pasa el periodo de transición sin problemas, sus probabilidades de que la siguiente lactancia sea productiva y rentable, y que pueda estar de nuevo gestante en el periodo adecuado, son muy altas. Por lo tanto, el período de transición para la vaca lechera es un periodo clave en su ciclo productivo.

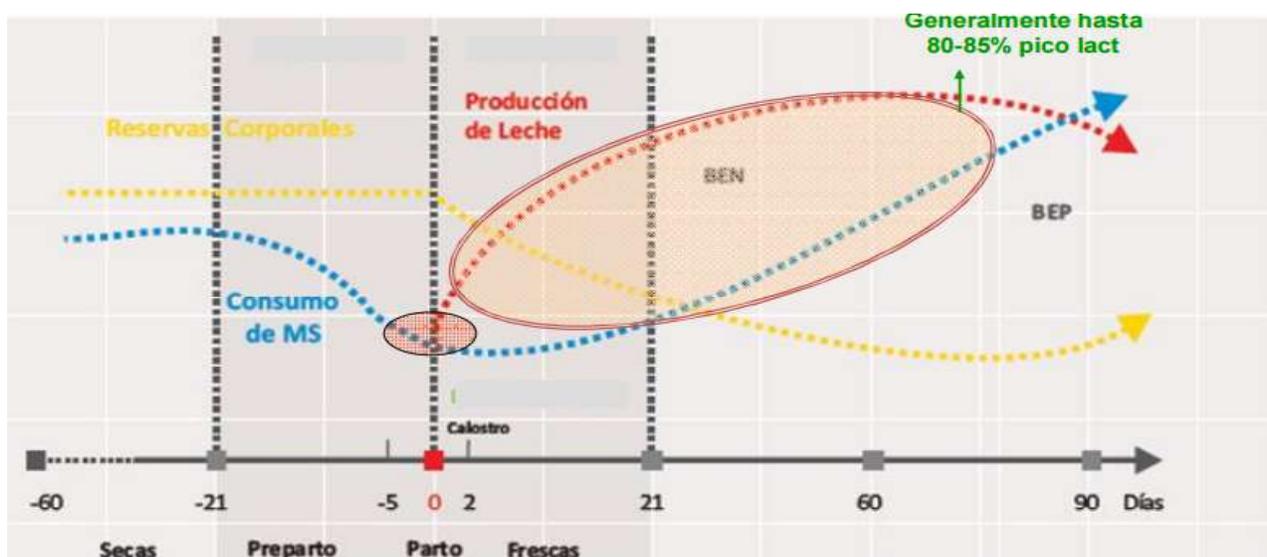


Figura 2. Evolución del consumo, la condición corporal, la producción de leche y el balance energético en una vaca lechera de alta producción en la fase de transición (Baeck, 2012).

2.2. PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA FASE DE TRANSICIÓN (ENFERMEDADES, ORIGEN Y COSTE ECONÓMICO)

La transición del estado de gestación y no lactación a un estado de lactación para las vacas lecheras es de gran importancia debido a su asociación a menudo con un pico de incidencia de enfermedades, incluyendo enfermedades metabólicas (fiebres de la leche, cetosis, retención de placenta y desplazamiento del abomaso) como infecciosas (metritis y mastitis principalmente). Estas enfermedades ocurren mayoritariamente en las dos primeras semanas de lactación y el riesgo se prolonga hasta treinta días después del parto.

Ingvartsen et al. (2003) resumieron datos de 151.000 vacas de primer y tercer parto y demostraron que la incidencia máxima de enfermedades ocurridas en el periodo de transición sucede en un periodo de tiempo comprendido entre el día del parto hasta los 10 días postparto. Estas enfermedades tienen efectos negativos sobre la producción de manera directa o indirecta. Por lo tanto, conocer los mecanismos que conducen a su aparición es siempre útil para plantear medidas preventivas que pueden reducir su impacto sobre la economía de la explotación lechera.

2.2.1. Enfermedades

2.2.1.1. Fiebre de la leche

La fiebre de la leche o hipocalcemia es una enfermedad metabólica que afecta principalmente a las vacas de alta producción (70% de los casos). Se presenta con mayor frecuencia en las primeras 48 horas después el parto y evoluciona en varias etapas:

- Fase 1: se caracteriza por unos trastornos del comportamiento y de locomoción. Las vacas están inquietas y/o excitables, tienen pasos vacilantes y se pueden caer en la sala de ordeño.
- Fase 2: las vacas se caen al suelo y no se pueden levantar, las heces son más duras y secas, la temperatura rectal es normal, y el animal está consciente.

- Fase 3: la vaca no responde a ningún estímulo auditivo o táctil. Su pupila esta frecuentemente dilatada, y su temperatura es inferior a 38 °C. Las vacas mueren a las 12 a 24 horas después de la aparición de los síntomas si no se tratan.

Frecuentemente la hipocalcemia es el origen de la aparición de otras enfermedades como la retención placentaria, el desplazamiento del abomaso y/o la mastitis. Por lo tanto, la pérdida económica generada no viene sólo como el resultado de la hipocalcemia sino también de sus complicaciones. En el caso de que la vaca sufra el síndrome de la vaca caída, la vaca permanece tumbada durante tres o cuatro horas y el flujo sanguíneo en las patas traseras se ve obstaculizado, lo que podría conducir a necrosis muscular, es decir a la muerte del tejido muscular. Esta condición es muy difícil de mejorar incluso bajo cuidados intensivos por el ganadero y el veterinario. Las vacas afectadas puede romperse una pierna tratando de levantarse, o incluso morir. Si hay complicaciones, a veces es necesario eliminarla o enviarla al matadero.

Por lo tanto, es mejor la prevención de la hipocalcemia en lugar de asumir todas las consecuencias derivadas de la pérdida de ingresos de la leche, el valor genético del animal y los gastos veterinarios asociados con este problema (Rérat, 2005).

2.2.1.2. Cetosis

La cetosis o acetonemia es una enfermedad de origen metabólico que se presenta frecuentemente durante las primeras semanas después del parto. Es una alteración del funcionamiento del metabolismo energético combinado con una deficiencia de glucosa y un aumento significativo de los cuerpos cetónicos en sangre (Rérat, 2009). La cetosis puede ocurrir con distintos niveles de gravedad. Desde un punto de vista práctico, se puede clasificar en:

- Cetosis clínica: cuando transcurre con síntomas, como un descenso de la producción de leche, una reducción del consumo de materia seca, una pérdida de peso excesiva, la disminución de la eficiencia reproductiva y el olor característico (a acetona) del aliento del animal afectado.

- Cetosis subclínica: no presenta signos aparentes debido a que los niveles de cuerpos cetónicos circulantes que no son suficientemente elevados como para inducir cambios detectables a nivel del animal (Alain, 2004).

La vaca que sufre una cetosis subclínica no alcanza la producción de leche esperada, presenta problemas reproductivos, y tiene mayor probabilidad de padecer otras enfermedades como metritis, desplazamiento de abomaso y mastitis (Dohoo y Martin, 1984; Fourichon et al., 1999; Ostergaard y Gröhn, 1999; Gröhn et al., 2003; Duffield et al., 2009; Ospina et al., 2010a, b). Por lo tanto, las consecuencias de esta enfermedad no se limitan a sí misma, sino también tiene las consecuencias que resultan de su aparición. Las pérdidas económicas causadas por la cetosis son el resultado del conjunto de la reducción en producción de leche, reducción en fertilidad, los costes que se generan para tratar los animales enfermos, los días de retraso en concepción y la muerte en algunos casos.

2.2.1.3. Desplazamiento del abomaso

El desplazamiento de abomaso se presenta normalmente justo después del parto. El 90% de los casos ocurren durante las 6 primeras semanas de lactación (Radostits et al., 2000), y el 85% de los casos son desplazamientos hacia la izquierda (Alain, 2004). Las causas principales son:

- El parto: la mayoría de los casos ocurren poco después del parto. Durante la gestación el útero desplaza al abomaso de manera que después del parto el abomaso tiene que moverse de nuevo a su posición normal, lo que aumenta el riesgo de desplazamiento.
- La atonía (falta de tono muscular normal) del abomaso: si el abomaso deja de contraerse (atonía) y gira sobre sí mismo, se produce gas que se acumula y el abomaso tenderá a deslocalizarse en el abdomen.

Los animales que sufren un desplazamiento de abomaso presentan diarreas moderadas, pérdidas del apetito, disminución de la producción de leche y disminución de la rumia. Las pérdidas económicas causadas por el desplazamiento del abomaso se deben al impacto negativo

que tiene sobre la producción de leche, la reducción en la capacidad de la vaca para reproducirse, y la cirugía.

2.2.1.4. Retención de placenta

En condiciones normales, la placenta se expulsa entre 3 y 8 h posparto. La retención de placenta en bovinos es un fallo en la expulsión de la placenta dentro de las primeras 12 a 24 horas después del parto (Sevinga et al., 2002). Se presenta con mayor frecuencia en ganado bovino que en otros mamíferos (Horta, 1994; Manspeaker, 2005), y es más común en vacas lecheras que en vacas de carne. Los factores que provocan la retención placentaria son muchos, entre los que se encuentran la dificultad en el parto, el parto prematuro, la gestación demasiada corta o larga, la torsión uterina, desordenes hormonales, los partos dobles, la hipocalcemia, etc.

Las vacas que sufren una retención placentaria tienen un mayor riesgo de padecer desplazamiento del abomaso, mastitis y metritis, y el 92-100% de las vacas con retención placentaria desarrollan endometritis aguda. Sus consecuencias son una disminución importante de la producción de leche, un aumento en los costes veterinarios, la eliminación prematura del animal y un aumento en el intervalo entre partos (Hanzen, 2008).

2.2.1.5. La metritis

La metritis es una de las principales enfermedades posparto en granjas lecheras. Es una enfermedad severa definida como una inflamación de las paredes musculares del útero y del endometrio (Overton, 2003; Smith y Risco, 2005). Esta enfermedad ocurre con mayor frecuencia entre los 10 y 14 primeros días después del parto (Overton, 2003; Smith y Risco, 2002; Smith y Risco, 2005). Los síntomas son: el aumento de la temperatura ($>40^{\circ}\text{C}$), la falta de apetito total o parcial, retraso reproductivo, letargia y pérdida de la producción de leche (Overton, 2003; Radostits, 2000).

La metritis es la causa principal de infertilidad en vacuno lechero y causa pérdidas económicas considerables. Estas pérdidas económicas están asociadas a sus efectos directos sobre la salud de la vaca y a los problemas de infertilidad. El coste de metritis en una granja

puede representar más del 10 % del gasto en salud, sin contar las pérdidas en producción y las consecuencias de la enfermedad, como el caso de la metritis aguda que está altamente relacionada con la cetosis y el desplazamiento de abomaso (Jean, 2002).

2.2.2. El coste económico de las enfermedades postparto

La Tabla 1 resume la incidencia media, el rango y el tiempo de ocurrencia de cada enfermedad postparto.

Tabla 1. La incidencia, rango de incidencia y el tiempo de ocurrencia de enfermedades postparto. (Kelton et al., 1998).

Enfermedad	Incidencia (%)	Rango de incidencia (%)	Tiempo de ocurrencia
Fiebre de leche	6,5	De 0,03 a 22,3	24 horas antes del parto hasta 3 días postparto (Rérat, 2009).
Retención placentaria	8,6	De 1,3 a 39,2	12 a 24 horas postparto (Sevinga et al., 2002).
Metritis	10,1	De 2,2 a 37,3	Forma aguda: dos primeras semanas postparto. Forma crónica: tres semanas postparto (Overton, 2003; Smith y Risco 2002; Smith y Risco, 2005).
Cetosis	4,8	De 1,3 a 18,3	Primeras semanas postparto.
desplazamiento de abomaso	1,7	De 0,3 a 6,3	4 primeras semanas postparto (Radostits et al., 2000).

Las enfermedades del periparto pueden tener un gran impacto negativo sobre la economía de las explotaciones lechera derivado de:

- Una disminución de la producción lechera.

- El coste del tratamiento clínico y la eliminación temprana del animal si no se controla a tiempo.
- El retraso de la recuperación de la función reproductiva postparto.
- La muerte.

Saber el coste de estas enfermedades puede ayudarnos a planificar las estrategias de prevención y tratamiento que pueden mejorar la rentabilidad de nuestra explotación porque si el coste de las enfermedades es conocido será fácil valorar el retorno de las intervenciones.

✓ El cálculo del coste de enfermedades:

Nota: Los cálculos del coste económico de enfermedades fueron obtenidos a partir de artículos científicos, teniendo en cuenta los precios actuales en el mercado español.

Los precios considerados en los cálculos fueron los siguientes:

- La compra de una ternera de primer parto: 2000 €.
- El valor de una vaca que se sacrifica en matadero: 800 €.
- El gasto veterinario: 25 €/h en horas laborales, se añade 25% del coste total en casos de emergencia y horas extras (estos costes no incluyen el coste de los medicamentos).
- El coste de los medicamentos necesarios para cada enfermedad a partir del precio de venta de cada medicamento en la farmacia veterinaria.
- Los costes laborales para el tratamiento de las vacas enfermas se calculan a partir de la estimación del tiempo necesario para llevar a cabo las tareas de segregación, restricción y terapia;
- Se considera un coste medio de un trabajador de 8 €/h.
- El coste de oportunidad de pérdida de un litro de leche es de 0,225 €.

Explicación: el coste de un kilo de materia seca de alimento = 0,25 €/kg. El consumo de un kilo de alimento por encima del mantenimiento produce 2 Litros de leche (NRC, 2001).

De este modo el coste de oportunidad de la leche será 0,35 €/L menos el coste de alimentación para producir un litro de leche $((1 \times 0,25)/2) = 0,125$ y por lo tanto $0,35€ - 0,125$ €.

- Retraso de un día de concepción: 9€/d.

El porcentaje de incidencia de patologías es muy variable entre las enfermedades, donde el mayor porcentaje es para la metritis (10,1%) y el menor para el desplazamiento del abomaso (1,7%). Si las vacas enfermas no llegan a la producción esperada y/o tienen poca probabilidad de curarse, se destinan al matadero para ser sacrificadas (vacas sacrificadas involuntariamente), el ganadero en este caso recupera una parte del precio de la vaca por el valor de la canal (800 €). Esta recuperación no existe si los animales no resisten a la enfermedad y mueren después de someterse a tratamiento (las vacas muertas).

Según Guard (2008), los ganaderos no consultan en todos los casos a un veterinario para el examen, diagnóstico y tratamiento de los animales enfermos. Se supone que el 15% de los ganaderos consultan al veterinario en el caso de hipocalcemia, el 5% en el caso de la retención placentaria y la metritis, el 10% en el caso de la acetonemia y el 20% en el caso de desplazamiento del abomaso. El coste de los medicamentos se calcula a partir de la suma de los costes de medicamentos necesarios para tratar la enfermedad, teniendo en cuenta las dosis necesarias de cada uno. Se han utilizado los precios actuales en la farmacia veterinaria.

Los costes laborales para el tratamiento de las vacas enfermas se calculan a partir de la estimación del tiempo necesario para llevar a cabo las tareas de segregación, restricción y terapia. Las horas laborales de dedicación se estimaron a partir de la multiplicación del tiempo diario necesario para tratar la enfermedad por el número de días que tarda el animal en curarse. Como ejemplo, el caso de la retención placentaria que dura 4 días, la evaluación considera que el ganadero necesita 10 min/día durante 4 días (4×10 min), es decir 40 minutos (0,67 h).

- Las pérdidas en leche por la presencia de residuos de antibióticos en leche que no se comercializa (leche descartada).
- Las pérdidas de leche consecuencias de la enfermedad, ya que el animal enfermo no llega a la producción esperada y baja su producción (la leche de oportunidad).

Los días de retraso en concepción fueron más o menos parecidos, 13 días en el caso de la hipocalcemia, 10 días en el caso de la acetonemia y desplazamiento del abomaso, 20 días en el caso de la metritis y 15 días en la retención placentaria. Estos días de retraso se multiplican por el coste que representa un día de retraso en concepción, estimado en 9€, para calcular los costes.

Tabla 2. Factores que intervienen en el cálculo de los costes de enfermedades de transición en ganado lechero.

Enfermedades	Incidencia patológica % ⁶	Vacas muertas % ^{4,5}	vacas sacrificadas involuntariamente % ^{3,14,5}	Consultas veterinarias % y tiempo necesario h ⁵	Coste de los medicamentos Euro (€)	Horas laborales ganaderos h ⁵	Leche descartada L ⁵	Perdidas en leche L ⁵	Días de retraso en concepción D ^{2,7,5}
Hipocalcemia	6,5	4	5	15% 0,3h	20	0,5	0	286	13
Retención placentaria	8,6	1,5	6	5% 0,25h	30	0,67	75	550	7
Metritis	10,1	10	6	5% 0,25h	67,60	0,67	135	550	15
Acetonemia	4,8	0,5	5	10% 0,25h	50,57	0,67	0	506	10
DA	1,7	2	8	20% (cirugía)	219,05	1	180	840	12

Los porcentajes y números usados en los cálculos fueron sacado de:

(1) Bartlett et al., (1986); (2) Borsberry y Dobson, (1989); (3) Fenwick, (1990). (4) Gardner et al., (1990); (5) Guard, (2008); (6) Kelton et al., (1998); (7) van Werven et al., (1992).

Tabla 3. Los costes de enfermedades de transición en ganado lechero.

Enfermedades	Vacas muertas	Vacas sacrificadas involuntariamente	Coste veterinario	Coste de los medicamentos	Horas laborales Ganadero	Leche descarta	Perdidas en leche	Días de retraso de concepción
	€	€	€	€	€	€	€	€
Hipocalcemia	80	60	1,12	20	4,00	0	64	117
Retención placentaria	30	72	0,5	30	5,37	26	123	63
Metritis	200	72	0,5	68	5,37	47	123	135
Acetonemia	10	60	1	51	5,37	0	113	90
DA	40	96	70	219	8,00	63	189	108

Tabla 4. Costes de enfermedades de transición calculados por vaca y por rebaño de 100 vacas

Enfermedades	Coste por vaca enferma	Coste por rebaño de 100 vacas
Hipocalcemia	346 €	2249 €
Retención placentaria	350 €	3010 €
Metritis	650 €	6565 €
Acetonemia	329 €	1579 €
Desplazamiento de abomaso	793 €	1348 €

Es necesario mencionar que estas enfermedades están relacionadas entre sí y el desarrollo de una de ellas puede llevar a la aparición de otras. Por ejemplo, la hipocalcemia subclínica puede conducir a la pérdida de la tonicidad muscular, lo que resulta en un aumento del riesgo de la aparición de retención placentaria y/o desplazamiento de abomaso. Por lo tanto, estos cálculos que hemos hecho del coste económico nos sirven para saber el coste de cada enfermedad, pero en realidad, el coste total puede ser mayor debido a la interacción con otras enfermedades.

2.2.3. El origen de las enfermedades del periparto

La aplicación de medidas preventivas para evitar los problemas postparto es de enorme importancia viendo los costes causados. Estos costes, aunque quedan sólo como una aproximación de la realidad, nos sirven para tener una idea clara sobre el papel que juega la prevención.

Numerosas investigaciones han demostrado que los problemas asociados al periparto están relacionados con la adaptación del sistema digestivo, el desequilibrio de nutrientes (energético, proteico y cálcico), la inmunosupresión durante el periparto y la depresión de la ingestión de materia seca (Grummer, 1995; Goff y Horst, 1997). En todos los casos, la gestión de la alimentación y su manejo juegan un papel muy importante en la prevención, La Tabla 5 resume el origen de cada una de las enfermedades postparto.

Tabla 5. Enfermedades de transición: problemas y origen.

Problemas	Origen	Consecuencia
El problema de adaptación digestiva	No adaptación que se produce a nivel de la microflora y la pared ruminal durante el periodo entre el secado y el inicio de la nueva lactación.	✓ Predisposición a la acidosis y desplazamiento de abomaso.
El desequilibrio de nutrientes	El balance energético negativo	✓ Predisposición a cetosis y al síndrome del hígado graso.
	El balance proteico negativo	✓ Mayor predisposición a la aparición de patologías postparto (retención placentaria, cetosis) y un nivel de producción limitado.
	El balance del calcio (homeostasis)	✓ Hipocalcemia Predisposición a la retención placentaria, a la mastitis y al desplazamiento de abomaso.
El problema del mantenimiento de la ingestión de materia seca	Hormonal	✓ El déficit en todos los nutrientes provocado por la disminución del ingestión de materia seca: incrementa el riesgo de patologías y reduce el potencial productivo de animales postparto.
El problema de la inmunosupresión	- Hormonal - Migración de inmunoglobulinas al calostro y tracto reproductivo	✓ El déficit en el sistema inmune es el primer responsable de la aparición de problemas patológicas en el peripato

(Bach y Calsamiglia, 2002)

2.3. LA NUTRICIÓN Y EL PERIPARTO

La nutrición es el centro en la prevención de las enfermedades del periparto (Bareille et al., 2003). El manejo del periodo seco es fundamental en dicha prevención porque condiciona el inicio de la lactación y permite evitar la aparición de muchos problemas postparto como la hipocalcemia, la retención placentaria, el desplazamiento de abomaso, la cetosis, la metritis, etc. Durante esta fase, las necesidades alimentarias son cuantitativamente bajas pero cualitativamente exigentes debido a la gestación y a sus implicaciones sanitarias, productivas y reproductivas en la siguiente lactación.

En el inicio de la lactación las necesidades alimentarias aumentan rápidamente mientras que el consumo de materia seca está limitado (Hayirli et al., 2002). Esta paradoja se ilustra en la Figura 3.

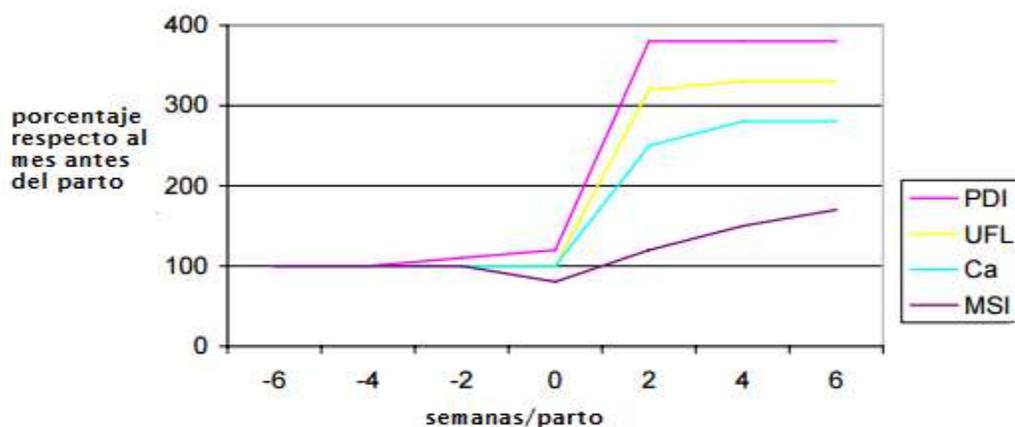


Figura 3. Evolución de la materia seca ingerida y la ingesta recomendada en energía, proteína y calcio en el periparto (Joly, 1998).

Parece paradójico que la ingestión de materia seca sea tan baja alrededor del parto cuando la demanda de nutrientes es muy alta. Esta bajada de ingestión no es única en la especie bovina, pero lo que sí es único, es el rápido aumento de la producción que resulta en un incremento en las necesidades, generando un desequilibrio y estrés metabólico considerable (Grummer, 2004).

Este estrés es probablemente el resultado de décadas de selección genética para mejorar el rendimiento lechero. Hoy en día las vacas producen 5 veces más leche que hace 50 años. Esta situación ha mejorado la eficiencia de producción pero ha sometido a la vaca a una situación de riesgo metabólico durante el periparto. Las vacas responden a este aumento de producción con un aumento de ingestión, pero esta respuesta sucede con retraso y en consecuencia las vacas pasan por un periodo de balance de nutrientes negativo (Grummer, 2004). Por ejemplo, el balance energético negativo (BEN) en este periodo provoca la movilización de grasa corporal en forma de ácidos grasos no esterificados (AGNE) para compensar el déficit energético y satisfacer las demandas de producción de leche. La Figura 4 muestra la curva de consumo de materia seca (CMS) y la movilización de grasa corporal que se evalúa mediante la concentración de AGNE.

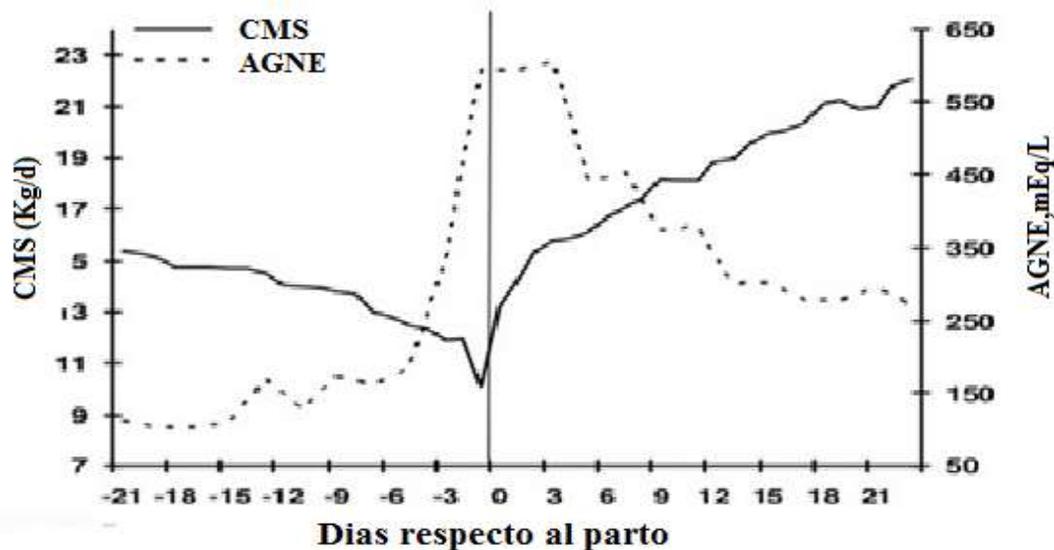


Figura 4. Relación entre el CMS y la concentración de AGNE en la plasma durante el periodo de transición (Grummer, 1993).

El BEN está estrechamente vinculado con el rendimiento reproductivo (Butler y Smith, 1989), la salud y la inmunidad (LeBlanc, 2010). Un BEN excesivo conduce a problemas patológicos y reproductivos (Grummer, 1995; Goff y Horst, 1997). Por lo tanto, evitar este exceso de BEN debe ser un objetivo de la fase de transición. Este objetivo se puede conseguir de dos maneras: con la disminución de la producción lechera, y/o con el mayor aporte de nutrientes. La reducción de producción es una estrategia poco razonable, ya que limita el objetivo central de la empresa lechera.

Aunque la noción común de que la producción de leche es el principal motor del BEN, varias revisiones bibliográficas (Grummer et al., 2010) sugieren que la relación del BEN es mayor con el CMS que con la producción de leche. En consecuencia obtener un alto CMS durante la lactancia temprana es un factor determinante en el éxito de la gestión de vacas en transición (Butler y Smith, 1989).

Este CMS postparto está correlacionado positivamente con el CMS preparto cuando las vacas reciben una ración a voluntad (Grummer et al., 2004; Dewhurt et al., 2000; Grummer et al., 1995; French et al., 1999). Por lo tanto, obtener un alto consumo preparto significa obtener un alto consumo postparto y en consecuencia reducir el BEN.

En consecuencia el CMS en el preparto está estrechamente asociado a las enfermedades del periodo de transición por su papel en el aporte de nutrientes, y por su relación positiva con el CMS postparto. La relevancia de esta transición ha motivado muchas investigaciones con el fin de conocer con más detalle el comportamiento alimentario de las vacas preparto y también saber si es posible usar este comportamiento como predictor de la aparición de enfermedades postparto.

2.4. EL COMPORTAMIENTO ALIMENTARIO DE VACUNO LECHERO EN LA FASE DEL PREPARTO

Durante las primeras semanas de la fase de secado, el CMS se establece en un 2% del peso vivo para las vacas multíparas, y en un 1,7% para las vacas primíparas. Este porcentaje se mantiene hasta dos a tres semanas antes del parto, y en la última semana empieza a bajar

exponencialmente hasta llegar a un 30% menos (Figura 5; Hayirli et al., 2003). Esta reducción es menor en las novillas que en las vacas adultas (Grummer et al., 2004).

Por ejemplo una vaca de 600 kg de peso vivo puede consumir aproximadamente 11,5 kg de M.S al principio del período seco, 10 kg M.S tres semanas antes del parto, y 7,5 kg M.S dos semanas antes del parto.

Huzzey et al. (2005) demostraron que el tiempo dedicado para comer en vacas de transición (10 días antes del parto) era de $86,8 \pm 2,95$ min/día. Este tiempo bajó a 60 minutos justo el día después del parto.

Esta disminución en la cantidad de CMS y/o el tiempo dedicado para comer fue el resultado de diferentes factores (Hayirli, et al., 2002):

- El 56,1% de esta disminución se atribuyó a los días en gestación (cuantos más días de gestación menor el CMS).
- El 19,7% de esta disminución se atribuyó a factores relacionados con el animal (es decir, la condición corporal (BCS), y la paridad: cuanto más BCS menos CMS y una vaca ingiere una mayor cantidad de materia seca que una novilla).
- El 24,2% restante se explicó por factores alimentarios durante el período seco (proteína degradable o no degradable en el rumen, por ejemplo).

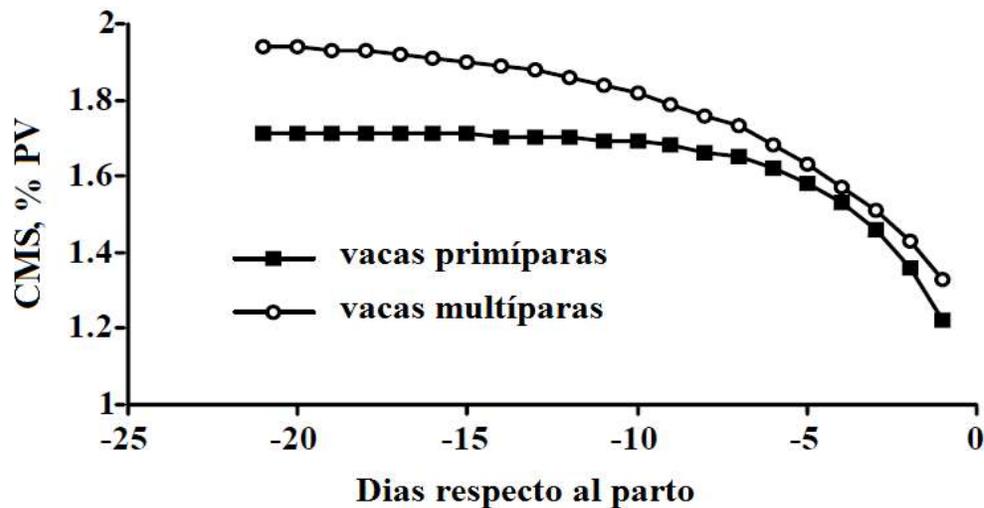


Figura 5. Consumo voluntario de materia seca durante las tres semanas antes del parto para vacas primíparas (■) y múltiparas (○) (Grummer et al., 2004).

La discrepancia entre la cantidad ingerida y las necesidades durante los últimos días de la gestación hace que la vaca entre en un BEN y dependiendo de su gravedad puede causar muchos problemas postparto. Bertics et al. (1992) ilustraron la importancia de maximizar el CMS en el preparto. En este estudio, un grupo de vacas (control) fue alimentado de forma normal reflejando una caída típica en el CMS previa al parto. A un segundo grupo de vacas (forzadas), el consumo también fue a libre disposición, pero el alimento no ingerido se introdujo a través de la cánula en el rumen, imitando un consumo elevado y sostenido durante todo el periodo preparto. En este estudio se observó que la infiltración de grasa en el hígado en las vacas que habían tenido una alimentación forzada fue mucho menos importante que las del grupo de control (primer grupo).

Estudios recientes han demostrado que no es tan importante la cantidad absoluta de materia seca ingerida, sino la magnitud de la disminución en las últimas semanas antes del parto. (Mashek y Grummer, 2003). Estos resultados nos dejaron con la duda de qué efecto de los comentados anteriormente es el más importante, el aumento de la concentración energética en la ración o el mantenimiento del CMS durante las últimas semanas antes el parto.

Un análisis estadístico de Grummer et al. (2004) compararon diferentes estrategias nutricionales en las vacas secas, y mostró que la tasa de AGNE y la acumulación de los lípidos en el hígado estaban influenciados de forma más importante por la magnitud de la disminución de CMS en las últimas dos semanas antes del parto que por el nivel absoluto de CMS.

Así que, sin dejar de lado la importancia de un alto CMS antes del parto, parece más importante asegurarse de que CMS se mantenga en los días antes del parto. Sin lugar a duda esos trabajos nos sirven para tener la idea de que el cambio en el consumo de materia seca en el preparto, tiene su consecuencia sobre la salud de las vacas postparto y por estas razones nos planteamos si este cambio podría utilizarse como predictor de la aparición de enfermedades postparto.

La interacción y la relación del comportamiento alimentario con el estado general de la vaca en el preparto nos obligan a tener en cuenta todos los factores que pueden actuar como predictores o que pueden influir sobre el comportamiento alimentario. Una vaca con unos problemas pódales tiene una actividad limitada y un tiempo de descanso elevado, y por lo tanto un comportamiento alimentario distinto a las vacas sin problemas podales. Saber el comportamiento normal de las vacas durante el preparto con detalle nos ayudará a distinguir lo que no es normal de lo que no es normal. La Tabla 6 resume todas las variables del comportamiento de las vacas en producción y en el secado.

Tabla 6. El comportamiento de las vacas en producción y en el secado (*Time Budget*)

	Autores	Tiempo de acceso al comedero h	Número de visitas al comedero h	Tiempo dedicado para beber h	Tiempo de ordeño h	Tiempo tumbados h	Los cambios de pie a tumbado h	Tiempo de pie h	Número de pasos
Vacas en producción	Grant y Albright (2000)	3-5	9-14	0,5	2,5-3,5	12-14	*	6-9	*
	Nigel, (2008)	4,4	*	0,4	2,6	11,3	*	8,3	*
	Rodriguez, (2013)	3,84	*	0,25	3,12	11	*	9	*
	Grant, (2007)	5,5	*	0,4	*	11,8	*	6,5	*
	Ito et al. (2010)	*	*	*	*	11	*	*	*
	Edwards y Tozer (2004)	*	*	*	*	*	*	*	1827
	Perera et al. (1986)	4,2 a 5,6 h	*	*	*	*	*	*	*
Vacas secas	Geoffrey (2008)	2,3	*	*	0	14	*	7,2	*
	Sepúlveda et al. (2014)	*	*	*	0	*	8-10	*	*
	Urton et al. (2005)	1,5	*	0,5	0	*	*	*	*
	Proudfoot et al. (2010)	*	*	0,5	0	*	10-12	*	*
	Huzzey et al. (2007)	3,5	16-19	0,6	0	*	*	*	*
Medias vacas en producción		4,0	11,5	0,3	2,93	11,9	*	7,8	1827
Medias vacas secas		2,4	17,5	0,5	0	14,0	10	7,2	*
Media total		3,2	14,5	0,4	*	12,9	*	7,5	*

Las diferencias encontradas entre las vacas en producción y las vacas secas podrían ser referidas a las diferencias en los tipos de actividad. Una vaca en producción pasa casi tres horas en la sala de ordeño y por lo tanto más tiempo de pie y menos tiempo tumbada que las vacas secas. Las demandas de producción de leche también hacen que las vacas pasen más tiempo comiendo cuando están en producción que las vacas secas: una a dos horas más de tiempo dedicado para comer. Los cambios de posición y los números de pasos no fueron estudiados en muchos artículos, y la información disponible fue sacada de artículos que se hicieron recientemente. Según Proudfoot et al. (2010) una vaca seca realiza 10-12 cambios de pie a tumbada por día. Este número era parecido pero más bajo en el caso del estudio que se hizo recientemente Sepúlveda et al. (2014).

El número de pasos que fue encontrado en el trabajo de Edwards y Tozer (2004) era de 157 pasos/hora, que significa que si las vacas están de pie 11,5 horas/día sus números de pasos serán 1827 pasos/día.

2.5. LOS CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO ALIMENTARIO PREPARTO ES UN INDICADOR DE TRASTORNOS POSTPARTO

La aparición de problemas de transición está relacionada al menos en parte con el manejo nutricional en las tres semanas anteriores al parto. Su detección temprana, basada en el comportamiento alimentario de las vacas en esta fase (preparto), no sólo repercute en la rentabilidad de la explotación, sino también mejora el bienestar animal. Esta mejora en el bienestar esta mediada por la mejora de la efectividad del tratamiento, porque si la enfermedad se detecta y se trata en su primera fase antes de la expresión de síntomas clínicos, la eficacia del tratamiento es mucho mayor que cuando se detecta y se trata más tarde.

Tradicionalmente los cambios en el comportamiento del animal se consideraban sólo como signos sencillos de los efectos debilitantes de una enfermedad, pero recientemente se han desarrollado métodos de monitorización electrónica del comportamiento con el objetivo de identificar de forma prematura los animales con riesgo de padecer enfermedades específicas.

Estudios recientes muestran que los cambios en el comportamiento alimentario preparto pueden ser un indicador de trastornos posparto. Goldhawk et al. (2009) determinaron que los cambios en el comportamiento alimentario y social de las vacas durante el periodo de transición estaban asociados con la cetosis subclínica durante la primera semana después del parto. Los animales que sufrieron una cetosis subclínica comieron menos y pasaron menos tiempo en los comederos que los animales sanos y, por cada 10 minutos menos de tiempo dedicados a comer, el riesgo de aparición de la cetosis subclínica se multiplicaba por 1,9.

En otro estudio un grupo de 26 vacas (6 novillas y 20 vacas) fueron alojadas en una estabulación libre. Se utilizó un alimentador electrónico para controlar continuamente el comportamiento alimentario de cada vaca. En este periodo las vacas fueron examinadas para detectar metritis cada 3 ± 1 días. El resultado fue que las vacas que desarrollaron una metritis fueron diagnosticadas dos semanas antes del parto por su comportamiento alimentario, distinto al de las vacas sanas. Las vacas diagnosticadas con metritis pasaron menos tiempo comiendo tanto en el periodo preparto como post parto (Urton et al., 2005; Figura 6).

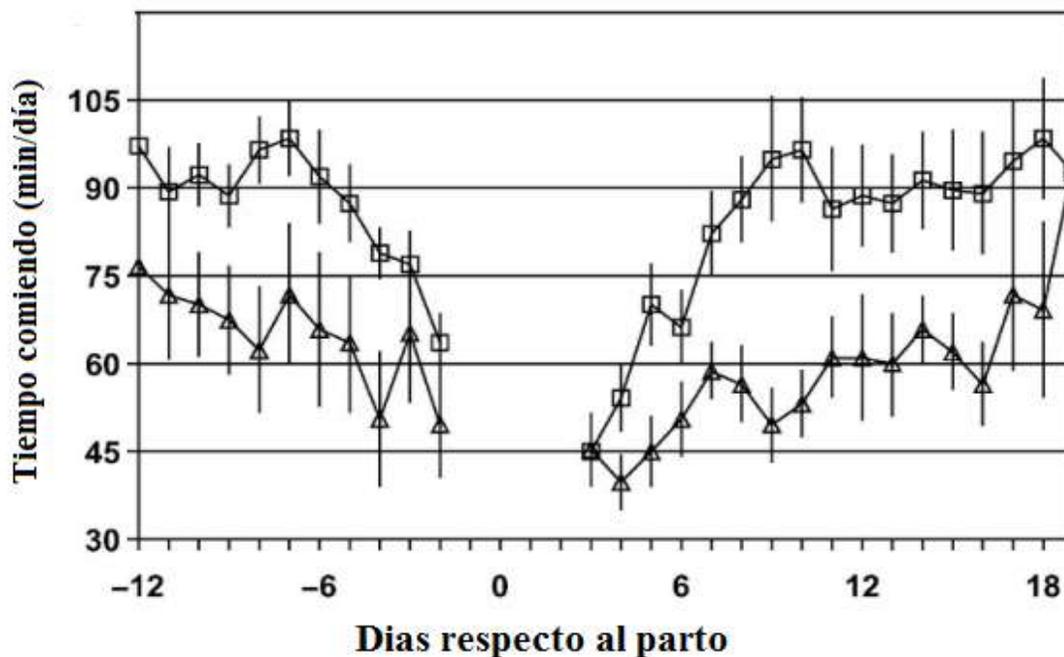


Figura 6. Media diaria del tiempo comiendo (min/d) de 9 vacas Holstein con metritis aguda (Δ) y 17 vacas Holstein sin metritis aguda (\square) durante 12 d antes del parto hasta 19 d después del parto (Urton et al., 2005).

Proudfoot et al. (2009) usaron 22 vacas Holstein (11 vacas con distocia y 11 vacas sin distocia) con el objetivo de estudiar la relación de la presencia o la ausencia de distocia en vacas mediante su comportamiento en el parto. En este experimento se registró individualmente en cada vaca el consumo de materia seca y de agua bebida, el tiempo de reposo de cada vaca, y el número de cambios de posición de pie a sentada. El resultado de este estudio fue significativo en el caso del comportamiento alimentario. Las vacas con distocia consumieron 1,9 kg menos durante las 48 horas antes del parto en comparación con las vacas sin distocia ($14,3 \pm 1,0$ vs. $16,2 \pm 1,0$ kg, respectivamente) y esta diferencia aumentó a 2,6 kg en las 24 horas antes del parto ($8,3 \pm 0,7$ frente a $10,9 \pm 0,7$ kg/d).

Huzzey et al. (2007) registraron el consumo de materia seca de 102 vacas desde 13 días antes del parto hasta 21 días después el parto. El resultado fue similar al trabajo de Urton et al. (2005). Las vacas enfermas (metritis) comieron menos que las sanas y por cada 10 minutos menos, la probabilidad de que las vacas desarrollaran metritis se duplicaba (Figura 7 y Figura 8).

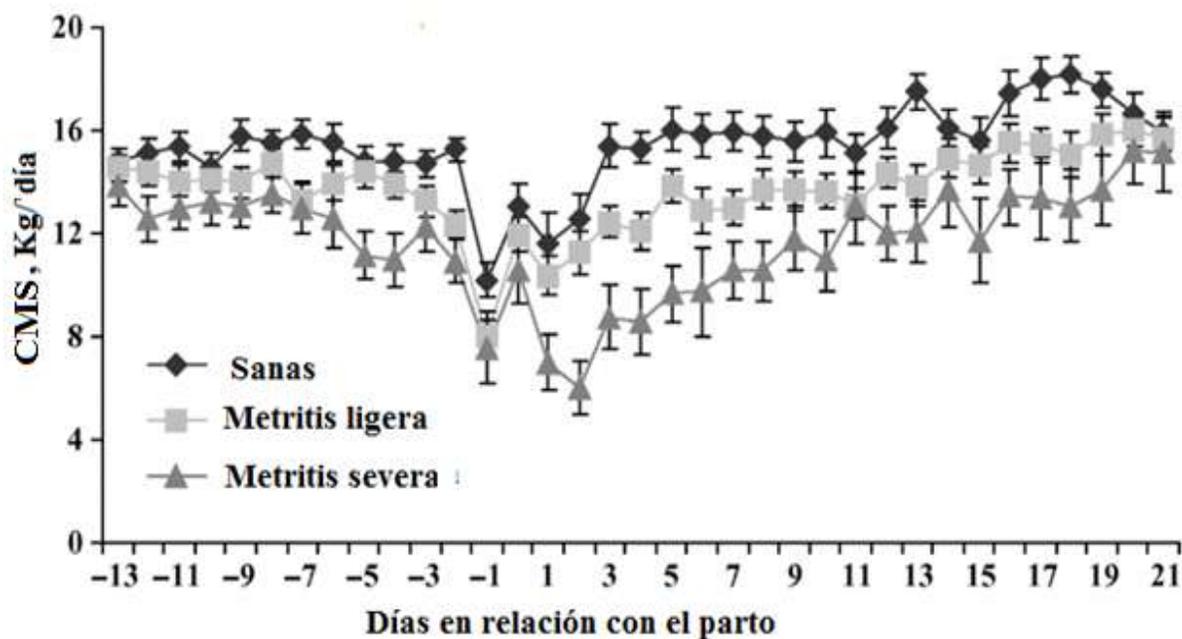


Figura 7. Media diaria de ingestión de materia seca (CMS) (kg/d) vacas lecheras Holstein sanas, con metritis ligera, y con metritis severa, desde el día 13 antes del parto hasta el día 21 después del parto (Huzzey et al., 2007).

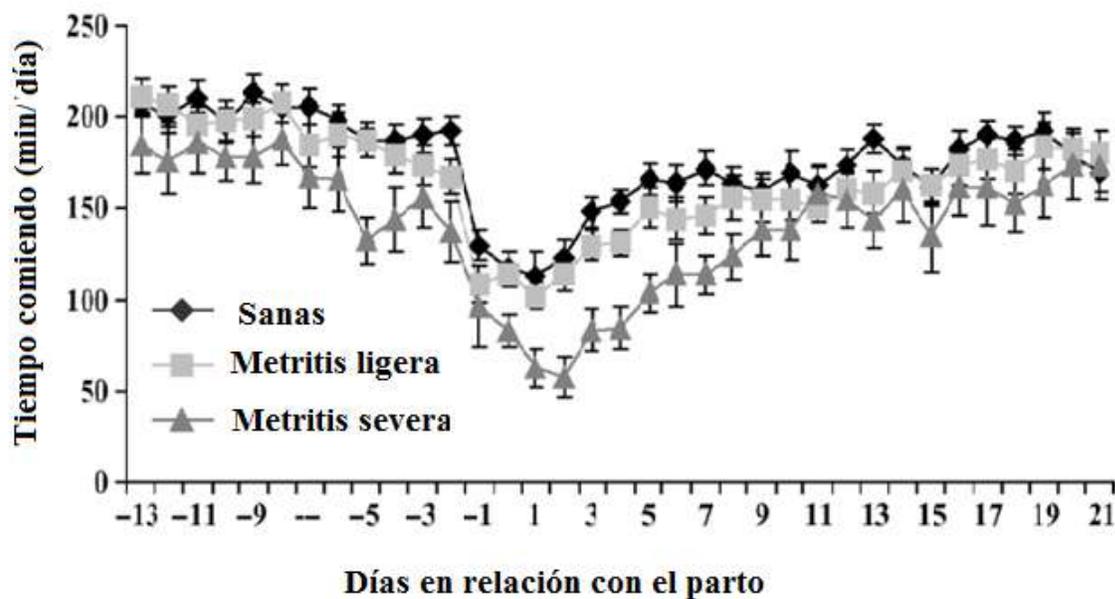


Figura 8. Media diaria del tiempo comiendo (min/d) de vacas lecheras Holstein sanas, con metritis ligera, y con metritis severa, desde el día 13 antes del parto hasta el día 21 después del parto (Huzzey et al., 2007).

Usar el comportamiento en el preparto para predecir enfermedades en vacas lecheras no está confinado sólo a las consecuencias patológicas postparto. Trabajos recientes han proporcionado pruebas de que los cambios de comportamiento durante la transición pueden aumentar el riesgo de cojera más tarde en la lactancia (Knott et al., 2007; Cook y Nordlund, 2009; Proudfoot et al., 2010). Quimby et al. (2001) también indicaron que la modificación de la conducta de alimentación en novillas de engorde se puede utilizar para detectar la morbilidad de animales aproximadamente 4,1 días antes de su identificación por los ganaderos.

En el área científica, los trabajos realizados hasta ahora utilizan básculas individuales que tienen un coste elevado que dificulta su aplicación a una granja comercial. Pero su aplicación tendría un gran interés debido a las pérdidas económicas generadas por todas estas enfermedades.

La predicción de enfermedades durante la transición mediante el uso del tiempo de acceso al comedero como fue indicado anteriormente en los trabajos citados puede ser útil a la hora de pensar en un sistema que pueda ser una alternativa para el estudio del comportamiento de las vacas en la fase preparto. Los resultados obtenidos en el trabajo de Huzzey et al. (2007)

fueron similares en ambos casos, tiempo comiendo y la cantidad consumida en la fase preparto (ver Figuras 7 y 8).

La disponibilidad de nuevas tecnologías en el mercado va a permitirnos la utilización de un sistema ya existente para la detección de celos. Este dispositivo electrónico o electromecánico detecta los celos mediante la medición de la actividad diaria de las vacas. En la última generación de podómetros, éstos miden además de la actividad otros parámetros como el número de pasos, el tiempo de descanso, y el tiempo de pie, entre otros. El uso de un campo magnético alrededor de los comedores hace que los podómetros sean capaces de medir además de los parámetros citados anteriormente, el tiempo diario dedicado a comer. Este sistema que mide a la vez detección de celos y el tiempo comiendo puede ser la mejor alternativa para sustituir equipos usados para la predicción de enfermedades post parto.

3. OBJETIVOS

1. Usar los podómetros para estudiar el comportamiento normal de las vacas secas (tiempo dedicado a comer; tiempo de descanso; tiempo de pie y número de pasos) en las tres semanas antes del parto.
2. Estudiar la repetibilidad/fiabilidad de los podómetros a través del uso de dos podómetros en la misma vaca uno en la pata derecha y el otro en la izquierda.
3. Analizar si el comportamiento preparto es un buen predictor de las enfermedades postparto mediante el uso de los podómetros de nueva generación.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Animales e instalaciones

El trabajo fue realizado en la granja comercial de Sant Jaume del Palau situada en el municipio de Palau d'Anglesola en la provincia de Lérida. Esta granja tiene más de 1800 animales de la raza Holstein repartidas entre vacas en producción y terneras de reposición. El número de vacas en producción actual es de 1.216. Estas vacas están divididas según su estado de lactación en tres lotes de producción:

- Vacas en el inicio de lactación: desde el día del parto hasta 30 días después del parto.
- Vacas en producción: desde 30 días después del parto hasta 60 días antes del siguiente parto.
- Vacas secas: desde menos de 60 días antes del parto hasta el día del parto.

Las vacas están alojadas en estabulaciones libres con diferentes tipos de camas: cubículos o compost. No hay un criterio en la repartición de vacas en estos diferentes tipos de camas, siendo la disponibilidad de espacio el principal criterio. La producción de leche media por vaca lactante en los últimos años ha sido de 39,2 litros con un nivel de grasa del 4,0% y de proteína del 3,4%. El número medio de células somáticas es 250.000 cél/ml. Las vacas se ordeñan tres veces al día en una sala tipo lineal (Delaval®) que es capaz de ordeñar 48 vacas a la vez (2 × 24). Se ofrece el mismo tipo de ración a todas las vacas en ordeño. La distribución se hace 7 veces al día. La ración de producción se constituye básicamente de los siguientes ingredientes: paja, alfalfa, harina de maíz, soja, colza, bagazo de cerveza, silo de maíz, urea, sal, carbonato y algunos correctores mineralo-vitamínico. La ración de las vacas secas es diferente a la de vacas en producción. Las Tabla 7 muestra la composición de la dieta.

Tabla 7. Ingredientes de la dieta de las vacas secas (cantidad en Kg de materia fresca y porcentaje de materia seca).

Ingredientes	Cantidad en Kg de materia fresca
Paja	7,0
Bagazo de cerveza	3,0
Colza	2,1
Harina de maíz	1,4
Total	13,5 Kg

4.2. Reproducción

La inseminación de las terneras se empieza a partir de los 12,5 meses, cuando las terneras llegan a una altura de 135 cm en la cadera. Todas las inseminaciones se hacen después de una sincronización de celos mediante la administración de prostaglandinas, o después de la detección de celos naturales que se hace mediante el uso de podómetros colocados en el cuello. Una vez las terneras se diagnostican gestantes se trasladan al lote de terneras gestantes hasta 2 meses antes del parto que acceden al lote de vaca secas.

La inseminación de las vacas ya paridas no empieza hasta que la producción baja a menos de 40 litros. El protocolo reproductivo de las vacas lecheras es parecido al de las terneras. Se hace con los dos métodos, sincronización hormonal y detección de celos natural. El protocolo hormonal para la sincronización de celos es el G6G que consiste en dos inyecciones de la hormona GnRH; Se inicia con una inyección de PGF α que induce la luteólisis de todos los ciclos con cuerpo lúteo, y 2 días después, se inyectan dos dosis de GnRH separadas por un intervalo de 6 días para inducir la ovulación. La detección de celos se hace también por podómetros. El número medio de inseminaciones por vaca gestante es de 2,3.

El control veterinario se hace diariamente por dos veterinarios que se encargan únicamente de esta granja. Su trabajo está repartido entre las terneras de reposición y los diferentes lotes de producción, con una atención máxima a las recién paridas (vacas frescas). Las vacas frescas se examinan generalmente tres días posparto si no tienen problemas el día del parto, en cuyo caso se hace un control más exhaustivo. Las vacas se examinan regularmente para identificar la posible presencia de cualquier enfermedad. Los veterinarios utilizan la producción de leche como principal síntoma de sospecha de la presencia de alguna enfermedad. Si la vaca no muestra ninguna excepción llamativa en su producción, es muy posible que pase el examen clínico sin excesiva atención.

La detección de cetosis se basa en la medición del nivel de cuerpos cetónicos en sangre con un medidor portátil de cuerpos cetónicos (Optium Xceed®, Laboratoire Abbott, Francia). Las pruebas que se emplean para el diagnóstico de desplazamiento de abomaso son la combinación de dos métodos generales de exploración: por una parte, la percusión-auscultación

y, por otra parte, la succión-auscultación alrededor de una línea imaginaria trazada desde la articulación del codo a la tuberosidad coxal izquierda y, de forma más probable, entre 9ª y 13ª costilla. La presencia de un líquido vaginal anormal después de un masaje rectal que se acompaña con un aumento de temperatura rectal es la base en el diagnóstico de la presencia o la ausencia de metritis.

Figura 9. Lote de vacas secas en cama compost.



El experimento fue realizado en los dos lotes de vacas secas que se ven en la Figura 9. La superficie de cada lote es de 4.000 m² con 100 m de longitud y 40 m de ancho. El número de vacas secas, que depende de la época del año, está entre 80 y 120 en cada lote lo que determina una densidad de 33 a 50 m²/vaca. A lo largo de cada estabulación hay un comedero que permite un acceso de 140 vacas a la vez. Esta disponibilidad en el acceso a los comederos hace imposible que haya competencia entre animales. La cama, del sistema compost, se airea una a dos veces por día y, permite un buen alojamiento a las vacas durante el periodo de secado.

4.3. La instalación y funcionamiento del sistema de podómetros

El sistema de podómetros que fue instalado era de la empresa ENGS systems® (Israel). Los pasos para su instalación fueron los siguientes:

1. Se hizo a todo el largo de los dos lotes a una distancia de 20 cm a la pared de los comederos, una ranura en el suelo de 3 cm de profundidad y 0,5 cm de ancho (Figura 10).

Figura 10. Ranura a distancia de 20 cm de la pared de los comederos.



2. Se puso un cable de acero recubierto de plástico en la ranura y dejando en ambos extremos dos metros y medio con el fin de seguir la instalación (Figura 11).

Figura 11. Cable de acero en la ranura.



3. Se tapó el cable en la ranura con cemento rápido después asegurarse que estuviera bien metido, sujeto y sin roturas en la continuidad (Figura 12).

Figura 12. Cable tapado de cemento en la ranura.



4. Una vez el cemento se secó, se fijó un extremo del cable al hierro de la cornadiza (Figura 13).

Figura 13. Cable de hierro fijado en la cordinaza.



5. El otro extremo del cable se conectó al activador (Feed Intake Activator) que se instaló a una altura de 2 metros en el final del comedero, y otro cable se conectó del activador a la cornadiza para cerrar el circuito, y se conectó a la electricidad (Figura 14).

Figura 14. La conexión del cable al activador.



6. El transceptor y su antena (transceiver) se colocaron en una zona central de la nave para recibir datos de todos los podómetros y re-emitterlos al receptor. La distancia de emisión-recepción de datos es de 700 metros de distancia (Figura 15).

Figura 15. Transceptor colocado en el techo de la parte central de la nave.



7. El receptor (Receiver) se colocó en la oficina de trabajo y se conectó con USB RS 485 al ordenador (Figura 16).

Figura 16. Receptor colocado en la oficina.



8. Se instaló el programa de gestión de datos ECOherd en el ordenador y se comprobó el funcionamiento correcto del sistema con un podómetro comprobador (Figura 17).

Figura 17. Podómetro comprobador.

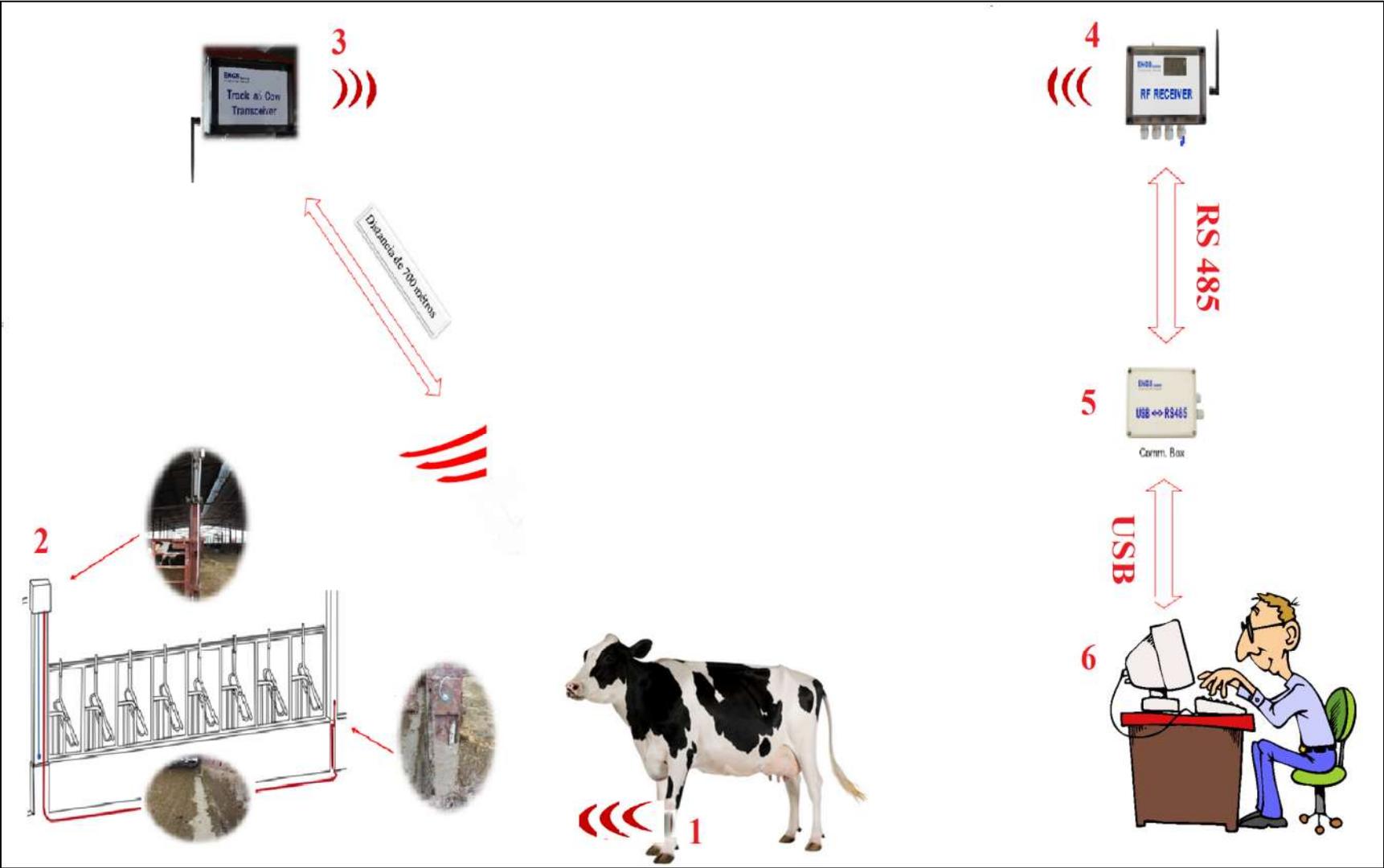


9. Una vez el sistema estuvo funcionando se pusieron los podómetros (Figura 18).

Figura 18. Podómetro puesto en la pata anterior de una vaca



Figura 19. Esquema descriptivo del sistema de podómetros.



1. Podómetro; 2. Activador de la línea del comedero; 3. Transceptor; 4. Receptor; 5. USB 485; 6. Programa de Ecoherd.

Los podómetros son capaces de medir:

1. La actividad diaria de la vacas mediante el número de pasos.
2. El tiempo de pie y tiempo tumbada.
3. El número de visitas al comedero y el tiempo frente al comedero.
4. Los cambio de pie a tumbada (*Swaps*).

El cable de hierro acerado metido a lo largo del comedero forma un campo magnético con los cornadizos que se interrumpe con la proximidad del podómetro y permite medir el número de vistas al comedero y el tiempo en el comedero.

Los podómetros emiten señales de forma automática de las informaciones registradas cada 4 a 6 minutos. Los transceptores reciben estas señales y las transmiten al receptor. El receptor juega el papel de intermediario entre el transceptor y el ordenador. Las informaciones recibidas por el receptor se transmiten mediante el USB RS 485 para transferirse al ordenador donde se guardan y procesan en el programa ECOherd.

4.4. El diseño experimental

Se seleccionaron 129 vacas Holstein de – 60 a– 21 días al parto con el objetivo de estudiar la relación entre el comportamiento en la fase preparto y la incidencia de patologías postparto. El experimento se realizó desde principios de marzo hasta finales de junio. Se pusieron los podómetros en los dos lotes de vaca cada vez que las vacas entraban en el secado. Se fijaron los podómetros de forma que no se movieran mucho en la pata, permitiendo la circulación de sangre. Se comprobó el número de podómetro usados con el número de vacas y se registró la asociación podómetro-vaca en el software ECOherd. Los podómetros se retiraron unos días después del parto con el fin de usarlos de nuevo en otra vaca seca.

En el experimento 1, se valoró de forma descriptiva el comportamiento normal de las vacas sanas como referencia.

En el experimento 2, se pusieron podómetros a 16 vacas con características similares (Holstein de – 60 a– 21 días del parto) uno en la pata derecha y otro en la izquierda, con el objetivo comprobar si el sistema registra los mismos datos de comportamiento en el mismo tiempo.

En el experimento 3 se monitorizó el comportamiento y se comparó entre animales sanos y enfermos, en conjunto y por tipo de enfermedad.

4.5. Análisis estadístico

Los análisis estadísticos de los datos se llevaron a cabo mediante el uso del paquete estadístico SAS (Versión 9.1, SAS Institute, Inc., Cary, NC). Para el estudio de la repetividad del sistema de podómetros se utilizaron los datos recogidos de 16 vacas a las cuales se les colocó un podómetro en cada una de las patas delanteras y para el estudio de predicción de enfermedades mediante el uso de los podómetros, se utilizaron los datos provenientes de 129 vacas.

Los datos del estudio fueron sacados a partir de:

1. Sistema EcoHERD: una base de datos que contenía 16.254 registros correspondiente al periodo del parto (del día -20 hasta el día del parto) de los variables de tiempo de acceso al comedero, número de visitas al comedero, número de pasos, tiempo de pie, tiempo tumbadas y el número de cambio de postura (de pie a tumbada).
2. Datos de registros sanitarios de la granja: esta base de datos fue elaborada con los registros de las vacas (AFKin, Israel) para identificar los animales que presentaron alguna enfermedad (mastitis, retención placentaria, desplazamiento del abomaso, metritis o hipocalcemia) durante el primer mes post-parto.

A partir de los datos obtenidos se construyó una base de datos en una hoja Excel, sobre la cual se realizaron los análisis estadísticos. Para la descripción del comportamiento de los animales en el periodo parto (Experimento 1), se realizó una estadística descriptiva. Para el estudio de la repetividad del sistema de podómetros (Experimento 2) los datos fueron analizados mediante el procedimiento ANOVA GLM del programa SAS (Versión 9.1, SAS Institute, Inc., Cary, NC).

Las comparaciones entre medias se llevaron a cabo mediante el test LSMEANS ajustado por Duncan (Duncan, 1955). Diferencias significativas se declararon a un $P \leq 0,05$ y tendencias se discutieron a un $P \leq 0,1$

Para el estudio de predicción de enfermedades posparto (Experimento 3), se realizó un análisis de tipo descriptivo, utilizando para ello los datos registrados en cada una de las vacas (sanas y enfermas) desde del día -20 hasta el día del parto. Un análisis de regresión logístico multivariable se hizo mediante el procedimiento LOGÍSTICO y la selección de variables mediante el proceso STEPWISE (Versión 9.1, SAS Institute, Inc., Cary, NC) para ver los efectos de variables de comportamiento durante el preparto sobre la predicción de presencia o no de enfermedades posparto. Las variables de comportamiento eran tiempo de acceso al comedero, número de visitas al comedero, tiempo de pie, número de cambios de pie a tumbado, número de pasos y el tiempo tumbado. Las enfermedades que se fueron estudiadas son la metritis, la mastitis, la retención placentaria, hipocalcemia y desplazamiento del abomaso. Se estudió primero la relación del comportamiento preparto con la presencia o la ausencia de todas las enfermedades.

5. RESULTADOS Y DISCUSSION

5.1. Experimento 1: el comportamiento normal de las vacas en el secado (*time Budget*)

El uso de podómetros en vacas sanas durante el parto nos permitió obtener los siguientes resultados que determinan el comportamiento normal de una vaca en el parto. Los variables del comportamiento y los valores obtenidos se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. El comportamiento normal de las vacas (Tiempo de acceso al comedero, tiempo de descanso, tiempo de pie y número de pasos) en el parto.

Actividades registradas	Vacas secas
Tiempo de acceso al comedero	3,3 H 200 Min
Número de visitas al comedero	9,4
Cambio de pie a tumbada (<i>Swaps</i>)	12,1
Tiempo tumbada	12,3 H 735 Min
Número de pasos	1913
Tiempo de pie	8,4 H 505 Min

H = horas; Min = minutos.

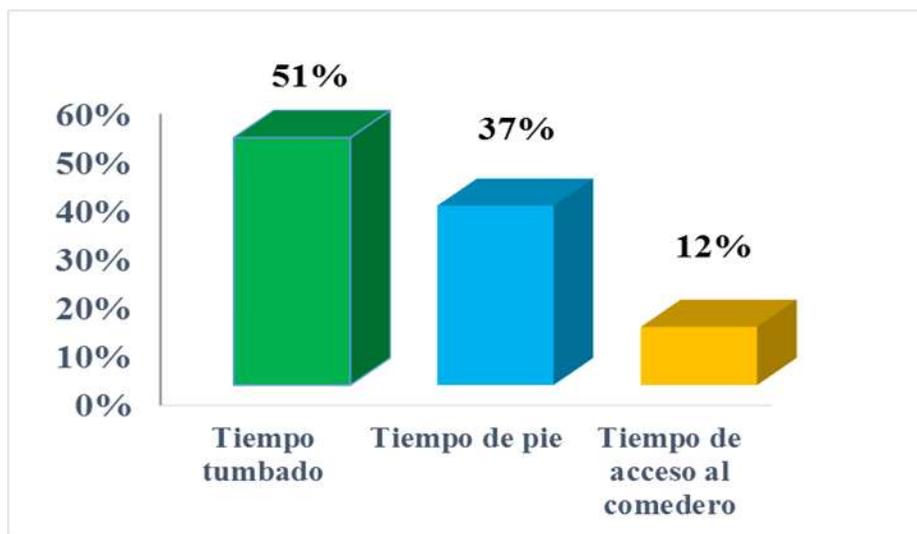


Figura 20. Diagrama representativo del presupuesto del tiempo de las vacas en el parto.

Los resultados obtenidos del comportamiento de las vacas en el parto mediante el uso de los podómetros eran parecidos a los trabajos presentados anteriormente en la Tabla 6 de la revisión bibliográfica. La media del tiempo de acceso al comedero en los trabajos de Urton et al. (2005), Huzzey et al. (2007) y Geoffrey (2008) era próxima a la nuestra (3,3 h), y la diferencia podría ser el resultado del número limitado de vacas usadas en el experimento de Urton et al. (2005). El tiempo de pie, el número de visitas al comedero y el cambio de posición de pie a tumbada también concuerdan con la bibliografía. Los cambios de posición en nuestros resultados coinciden más con Proudfoot et al. (2010) que Sepúlveda et al. (2014). El número de cambio de pie a tumbado de las primíparas es mayor que en las múltiparas, y estos cambios se cuadruplican justo el día antes del parto.

Aunque la diferencia no es grande, entre nuestro trabajo y el trabajo Sepúlveda et al. (2014), ésta podría explicarse por la consideración de todo el parto e incluso el día del parto en nuestro trabajo y/o la presencia o la ausencia de vacas primíparas en el trabajo de Sepúlveda et al. (2014). Los números de pasos diarios de las vacas sanas fue de 152 pasos/hora que es alrededor de 1913 pasos/día. El mismo número fue encontrado también en el trabajo de Edwards y Tozer (2004) (Tabla 6). Las siguientes figuras muestran las diferentes actividades de las vacas registradas mediante los podómetros durante el parto.

Descripción de las diferentes actividades de las vacas durante el parto mediante el uso de los podómetros

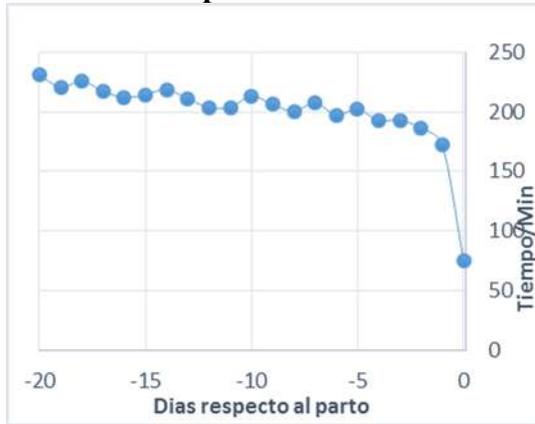


Figura 21: Tiempo de acceso al comedero (vacas sanas)



Figura 22: Número de visitas al comedero (vacas sanas)

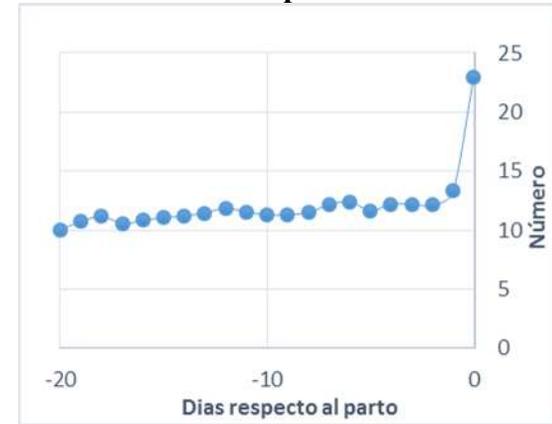


Figura 23: Número de cambio de pie a tumbado (*Swaps*). (vacas sanas)



Figura 24: Número de pasos (vacas sanas)

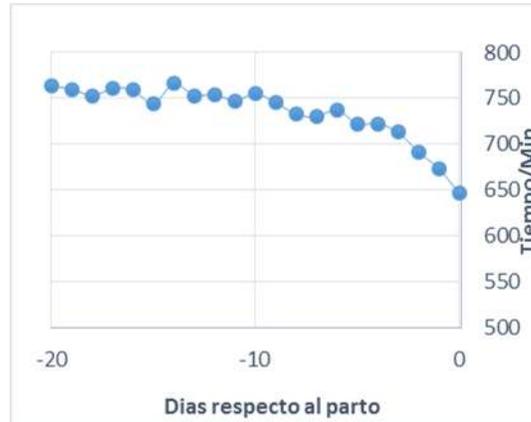


Figura 25: Tiempo tumbado (vacas sanas)

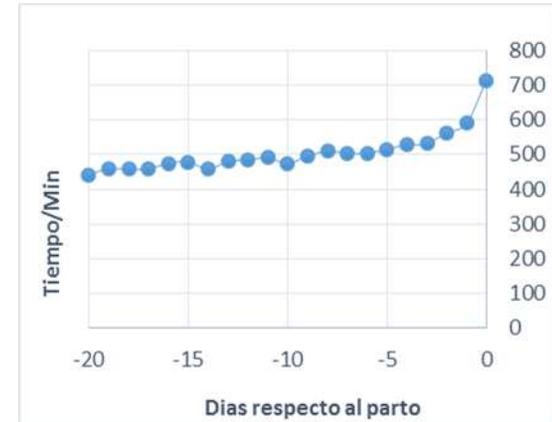


Figura 26: Tiempo de pie (vacas sanas)

5.2. Experimento 2: la repetitividad de los podómetros a través del uso de dos podómetros en la misma vaca

Los resultados de la utilización de podómetros colocados en cada una de las patas de 16 vacas se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Resultados de las medidas de los podómetros colocados en la pata izquierda (P1) o derecha (P2) de 16 vacas durante 10 días, el error estándar y el valor P obtenidos del modelo lineal general (GLM) para el estudio de la repetitividad de los podómetros.

	Tiempo de acceso al comedero	Número de visitas al comedero	Número de cambio de pie a tumbado (<i>swaps</i>)	Número de pasos	Tiempo tumbado	Tiempo de pie
Observaciones	348	348	348	348	342	342
Media P1	179	8,2	11,6	1623	768	489
Media P2	164	8,6	11,5	1608	761	511
Error estándar	7,7	0,27	0,32	38,5	12,5	14,3
P -value	0,16	0,28	0,81	0,78	0,69	0,27

La ausencia de diferencias significativas en los resultados de la comprobación de la repetitividad de los podómetros nos indica que los datos obtenidos tienen una repetibilidad superior al 95%, y la utilización de un podómetro independientemente de su sitio en la pata anterior derecha o izquierda no influye en los resultados.

5.3. Experimento 3: la predicción de enfermedades posparto mediante el uso de podómetros

5.3.1. Vacas sanas vs vacas enfermas (desplazamiento de abomaso, retención placentaria, hipocalcemia y metritis)

La comparación de vacas enfermas (desplazamiento de abomaso, retención placentaria, hipocalcemia y metritis) contra vaca sanas nos permitió de ver los resultados mostrados en la tabla 10.

Tabla 10. Resultados de la comparación en el comportamiento de vacas sanas vs vacas enfermas.

Efecto	Media		P ≤
	Vacas sanas	Vacas enfermas	
Tiempo de acceso al comedero (min/día)	200	129	0,001
Número de visitas al comedero (visita/día)	9,4	8	0,002
Cambio de pie a tumbado (número/día)	12,1	10,1	0,006
Número de pasos (número/día)	1913	1386	≤ 0,001
Tiempo tumbadas (min/día)	735	840	0,013
Tiempo de pie (min/día)	505	499	0,82

Pocos trabajos han estudiado los factores de comportamiento en el parto mediante podómetros que pueden intervenir en la predicción de las enfermedades postparto. En los resultados obtenidos se ve claramente que el comportamiento de las vacas enfermas es muy distinto al comportamiento de las vacas sanas, excepto en el caso del tiempo de pie donde las diferencias no fueron significativas.

Las vacas enfermas, independientemente del tipo de enfermedad, pasaron menos tiempo frente al comedero e hicieron menos visitas al comedero en comparación con las vacas sanas. La media del tiempo frente al comedero de las vacas sanas fue de 200 min/día, casi el doble del tiempo frente al comedero de las vacas enfermas (129 min/día). Sin embargo, el número de visitas al comedero no fue muy distinto entre las vacas sanas y enfermas (9,4 vs. 8 visitas/día, respectivamente). Estos resultados que presentan el conjunto de las cuatro enfermedades (el desplazamiento del abomaso, la metritis, la retención placentaria y la hipocalcemia) son similar a los resultados de la metritis observados en los trabajos de Urton et al. (2005) y Huzzey et al. (2007).

Durante todo el periodo estudiado del parto, las vacas enfermas presentaron una actividad muy baja en comparación con las vacas sanas. Pasaron más tiempo tumbadas, menos cambios de pie a tumbada y menos número de pasos. La media del tiempo tumbado fue de 735 min/día vs 840 min/día para las vacas sanas y enfermas, respectivamente. Los cambio de pie a tumbado de las sanas y enfermas no fue muy distinto, 12,1 cambio de pie a tumbado para el caso

de las vacas sanas y 10,1 en el caso de las enfermas. La actividad medida como pasos por día fue menor en las vacas enfermas (1386 pasos/día) comparado con las sanas (1913 pasos/día).

Las vacas sanas pasan 12 horas de pie y caminan 1913 pasos/día, esto significa que estas vacas tienen como media de 157 pasos/hora. Según Edwards y Tozer (2004) las vacas enfermas caminan entre 96 a 168 pasos menos durante el día que las vacas sanas. Y como pasan más tiempo tumbadas que las vacas sanas (2 horas como media) esto quiere decir que las vacas enfermas tienen menos $(168 + (157 \times 2))$ pasos/día que las vacas sanas. Por lo tanto el número de pasos de vacas enfermas será $1913 - 482 = 1431$ pasos/día. Este resultado es muy similar a lo que hemos encontrado en nuestro trabajo.

Varias investigaciones han observado que los cambios en el tiempo de pie y tumbadas, los cambios de pie a tumbada y la actividad de la vaca pueden ser utilizadas como indicadores de su estado general (Plesch et al., 2010; Cook et al., 2005; Fregonesi y Leaver 2001; Haley et al., 2000; Lidfors, 1989). En una revisión reciente, Sepúlveda et al. (2013) describieron que el comportamiento alimentario, el tiempo de pie y el comportamiento social pueden ser útiles como predictores de enfermedades comunes que ocurren durante la transición. Nuestros resultados están en línea con estas observaciones.

Nuestros resultados indican con claridad que es posible predecir los animales en riesgo de padecer enfermedades periparto a partir del tiempo de acceso al comedero, el número de visitas al comedero, el número de pasos, y el tiempo de pie y tumbado de las vacas en el parto. Sin embargo, sería un avance importante si, además, este comportamiento nos indicara que tipo de enfermedad es más probable para establecer medidas preventivas. Así, se plantea estudiar la relación entre el comportamiento y cada una de las enfermedades de forma independiente.

Nota

- Las unidades usadas en los gráficos
Tiempo de acceso al comedero, tiempo tumbadas y tiempo de pie = min.
Número de visitas al comedero, cambio de pie a tumbado y número de pasos = veces.



vacas sanas



vacas enfermas

**Descripción de las diferentes actividades durante el preparto de las vacas sanas vs vaca enfermas
(metritis, hipocalcemia, desplazamiento de abomaso, RP)**



Figura 27: Tiempo de acceso al comedero (sanas vs enfermas)*P-value $\leq 0,05$



Figura 28: Número de visitas al comedero (sanas vs enfermas) *P-value $\leq 0,05$



Figura 29: Número de cambio de pie a tumbado (swaps) (sanas vs enfermas)*P-value $\leq 0,05$

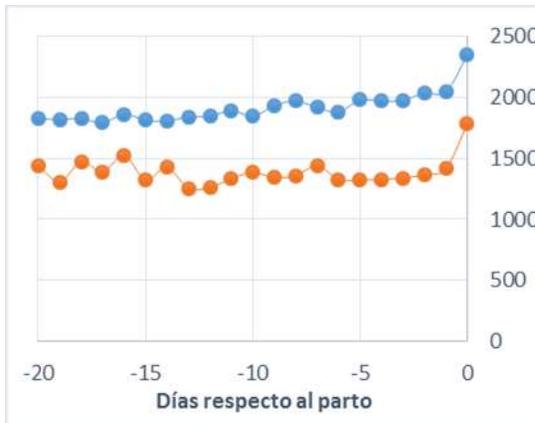


Figura 30: Número de pasos (sanas vs enfermas) *P-value $\leq 0,05$



Figura 31: Tiempo tumbado (sanas vs enfermas) *P-value $\leq 0,05$



Figura 32: Tiempo de pie (sanas vs enfermas) P-value $> 0,05$

5.3.2. Vacas sanas vs vacas con metritis

El número de vacas que desarrollaron metritis después el parto en nuestro estudio fue 9. Se compararon estas 9 vacas contra las vacas sin metritis para ver si hay relación de los variables con la presencia o la ausencia de enfermedades, la Tabla 11 muestra los resultados obtenidos después la comparación.

Tabla 11. Resultados de la comparación en el comportamiento de vacas sanas vs vacas con metritis.

Efecto	Media		P ≤
	Vacas sanas	Vacas enfermas	
Tiempo de acceso al comedero (min/día)	200	131	0,03
Número de visitas al comedero (visita/día)	9,4	8,4	0,08
Cambio de pie a tumbado (número/día)	12,1	9,3	0,18
Número de pasos (número/día)	1913	1345	0,005
Tiempo tumbadas (min/día)	735	861	0,23
Tiempo de pie (min/día)	505	534	0,035

El tiempo de acceso al comedero de las vacas con metritis fue muy inferior durante todo el periodo preparto, con una media de 131 min/día, el 35% menos que las vacas sanas (Figura 33; P=0,03). El mismo porcentaje de disminución fue encontrado en el trabajo de Urton et al. (2005), y coincide con las observaciones de Huzzey et al. (2007).

La media de visitas al comedero fue de 9,4 y 8,4 visitas/día para las vacas sanas y con metritis, respectivamente. El resultado en este caso no fue significativo pero con tendencia a ser significativo (Figura 34; P=0,08). La misma significación se encontró en el trabajo de Huzzey et al. (2007), donde el número de visitas de las vacas con metritis y sin metritis no fueron significativamente distintas, pero con tendencia a la significación (P=0,06). Es probable que la tendencia se deba al bajo número de casos de metritis registrados en ambos trabajos (n = 9 casos en nuestro trabajo, y n = 12 en el de Huzzey et al., 2007). Es posible que un estudio con un mayor número de casos dichas diferencias fueran significativas. El número de visitas al comedero no se estudió en el trabajo de Urton et al. (2005).

Las vacas con metritis tuvieron una actividad media un 30% menos que las vacas sanas. La vacas con metritis presentaron numerosas alteraciones en el número de pasos, que no eran constantes, tal como se ve en el caso de las vacas sanas (Figura 36; P = 0,005). El tiempo de pie de las vacas con metritis respecto a las vacas sanas se puede dividir en dos partes: de los días -20 a -10 respecto al parto fue mayor que en las vacas sanas; y de los días -10 a día del parto fue menor que en las vacas sanas (Figura 38; P=0,035). Las variables de actividad (tiempo de pie y número de pasos) no fueron estudiados en ningún otro trabajo anterior en el caso de la metritis, por lo que no se pueden hacer comparaciones. Sin embargo, el presente trabajo demuestra que aportan información adicional para el diagnóstico de esta enfermedad.

Huzzey et al. (2007) observaron que las vacas que desarrollan metritis en el postparto tienen un comportamiento social diferente a las vacas sanas en la semana previa al parto. Estas vacas evitan todo tipo de competición por el acceso al comedero con las vacas dominantes. Esta observación ayuda a explicar nuestros resultados, ya que en nuestro estudio las vacas con metritis en los 10 últimos días antes del parto tuvieron una actividad (número de pasos/día) muy inferior respecto a las vacas sanas, y pasaron más tiempo de pie intentando acceder al comedero aunque no se acercaron tanto tiempo, evitando todo tipo de interacción con las vacas sanas, lo que justifica la disminución del tiempo de acceso a los comederos en las vacas con metritis.

Nota

- Las unidades usadas en los graficos
Tiempo de acceso al comedero , tiempo tumbadas y tiempo de pie = min.
Número de vistas al comedero , cambio de pie a tumbado y numero de pasos = veces.

 **vacas sanas**  **vacas enfermas**

Descripción de las diferentes actividades durante el parto de las vacas sanas vs vaca con metritis



Figura 33: Tiempo de acceso al comedero (sanas vs metritis) *p-value $\leq 0,05$



Figura 34: Número de visitas al comedero (sanas vs metritis) *p-value = 0,08



Figura 35: Número de cambio de pie a tumbado (swaps) (sanas vs metritis) *p-value $> 0,05$



Figura 36: Número de pasos (sanas vs metritis) *P-value $\leq 0,05$



Figura 37: Tiempo tumbado (sanas vs metritis) *P-value $> 0,05$



Figura 38: Tiempo de pie (sanas vs metritis) **P-value $\leq 0,05$

5.3.3. Vacas sanas vs vacas con retención placentaria

El número de vacas que se encontraron con retención placentaria después el parto fue 6. Los resultados de la comparación de vacas con retención placentaria contra vacas sanas esta mostrada en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados de la comparación en el comportamiento de vacas sanas vs vacas con retención placentaria.

Efecto	Media		P ≤
	Vacas sanas	Vacas enfermas	
Tiempo de acceso al comedero (min/día)	200	130	0,048
Número de visitas al comedero (visita/día)	9,4	9,9	0,45
Cambio de pie a tumbado (número/día)	12,1	10,30	0,17
Número de pasos (número/día)	1913	1729	0,65
Tiempo tumbadas (min/día)	7351	777	0,75
Tiempo de pie (min/día)	505	624	0,002

Aunque los resultados significativos en el caso de la retención placentaria no fueron en los mismos parámetros que se encontrados en el caso de la metritis, su alta relación e interacción con la metritis (el 92-100% de las vacas con retención placentaria desarrollan endometritis aguda) y la falta de trabajos de este tipo nos obliga a explicar la retención placentaria de la misma forma.

En nuestro estudio, sólo el 17% de las vacas que desarrollaron una retención placentaria presentaron una metritis pocos días después. La media observada del tiempo de acceso a los comederos de las vacas con retención placentaria era mucho menor que las vacas sanas, 130 min/día. El porcentaje de disminución de acceso al comedero en el caso de la retención placentaria no fue muy diferente al porcentaje observado en el caso de la metritis, un 29% vs 35% por la retención placentaria y la metritis, respectivamente (Figura 39; P= 0,048).

Este comportamiento alimentario encontrado en el caso de la retención placentaria puede causar un desequilibrio nutricionales durante el periodo de transición que es en muchos casos el origen de la aparición de la retención placentaria. Parece lógico que exista una relación de la

nutrición y la aparición o no de la retención placentaria, y de hecho la reducción del tiempo al comedero podría explicar parte de este efecto. Sin embargo, sólo el tiempo de pie fue distinto respecto a los animales sanos, mientras que las otras variables no fueron significativamente distintas. Las vacas con retención placentaria pasaron más tiempo de pie (624 min/día) que las vacas sanas (505 min/día). Una diferencia de casi una hora es muy llamativa y marca mucha diferencia entre las vacas sanas y con retención placentaria (Figura 44; $P= 0,002$).

Nota

- Las unidades usadas en los graficos
Tiempo de acceso al comedero , tiempo tumbadas y tiempo de pie = min.
Número de vistas al comedero , cambio de pie a tumbado y numero de pasos = veces.

 **vacas sanas**  **vacas enfermas**

Descripción de las diferentes actividades durante el parto de las vacas sanas vs vaca con retención placentaria

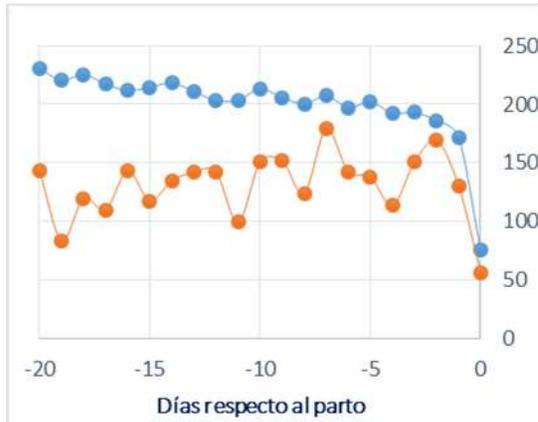


Figura 39: Tiempo de acceso al comedero (sanas vs RP) * P -value $\leq 0,05$



Figura 40: Número de visitas al comedero (sanas vs RP) * P -value $> 0,05$



Figura 41: Número de cambio de pie a tumbado (swaps)* (sanas vs RP) P -value $> 0,05$



Figura 42: Número de pasos (sanas vs RP) * P -value $> 0,05$



Figura 43: Tiempo tumbado (sanas vs RP) * P -value $> 0,05$



Figura 44: Tiempo de pie (sanas vs RP) * P -value $\leq 0,05$

5.3.4. Vacas sanas vs vacas con hipocalcemia

En el caso de la hipocalcemia las vacas que se fueron usadas en los cálculos fueron 4. Los resultados se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Resultados de la comparación en el comportamiento de vacas sanas vs vacas con hipocalcemia.

Efecto	Media		P ≤
	Vacas sanas	Vacas enfermas	
Tiempo de acceso al comedero (min/día)	200	106	0,006
Número de visitas al comedero (visita/día)	9,4	8	0,017
Cambio de pie a tumbado (número/día)	12,1	9,4	0,005
Número de pasos (número/día)	1913	1082	0,001
Tiempo tumbadas (min/día)	735	850	0,193
Tiempo de pie (min/día)	505	600	0,017

Los resultados en el caso de la hipocalcemia son todos significativos excepto el tiempo tumbada. Las vacas que desarrollaron hipocalcemia después del parto presentaron cambios muy remarcables en el parto respecto a las sanas. Pasaron menos tiempo comiendo (106 min/día y 200 min/día en vacas con hipocalcemia y normales, respectivamente; Figura 45; P=0,006) y visitaron menos los comederos (8 vs 9,4 visitas en vacas con hipocalcemia y sanas, respectivamente; Figura 46; P =0,006). Otras actividades registradas que fueron menores en el caso de la presencia de hipocalcemia después del parto son: los cambios de pie a tumbado (Figura 47; P=0,005) con una media de 12,1 vs 9,4 veces/día en vacas con hipocalcemia y sanas, respectivamente; y, el número de pasos, con una media de 1082 vs 1913 pasos/día en vacas con hipocalcemia y sanas, respectivamente; Figura 48; P=0,001). El tiempo de pie fue de 600 min/día, y representa casi dos horas más que el tiempo de pie de las vacas sanas (Figura 50; P=0,017).

Muchos trabajos en la bibliografía se basan en la determinación del pH urinario en los días antes del parto como predictor de la hipocalcemia posparto. Jawor et al. (2012) encontraron que las vacas que desarrollaron hipocalcemia después el parto pasaron 2,5h más de pie que las vacas sanas justo un día antes del parto. Nuestro resultado indican que la media del tiempo de pie

de las vacas con hipocalcemia el día antes del parto (670 min) fue 90 min mayor que la media del tiempo de pie de las vacas sin hipocalcemia el día antes del parto (580 min), coincidiendo con Jawor et al. (2012).

La coincidencia de nuestro trabajo con el trabajo de Jawor et al. (2012) no fue causalidad, ya que las medias encontradas en los días - 4 y -3 y - 2 eran muy parecidas tanto para las vacas sanas como para las vacas con hipocalcemia, y permite apreciar la diferencia con el día justo antes del parto en los animales con hipocalcemia.

Los gráficos registrados mediante los podómetros muestran con claridad cómo se comportaron las vacas que sufrieron hipocalcemia el día del parto (Figuras 48, 48 y 50), bajando el número de pasos cuando en las vacas sanas sube y aumentando el tiempo tumbadas cuando en las vacas sanas disminuye, y viceversa para el tiempo de pie. Estas observaciones registradas que son realmente predictores del futuro desarrollo de hipocalcemia permitirá tener más fiabilidad y sensibilidad en el diagnóstico y, probablemente permitirá generar un sistema de alarmas que avisará con antelación del riesgo de padecer esta enfermedad.

Nota

- Las unidades usadas en los graficos
Tiempo de acceso al comedero , tiempo tumbadas y tiempo de pie = min.
Número de vistas al comedero , cambio de pie a tumbado y numero de pasos = veces.

 **vacas sanas**  **vacas enfermas**

Descripción de las diferentes actividades durante el parto de las vacas sanas vs vaca con hipocalcemia



Figura 45: Tiempo de acceso al comedero (sanas vs hipocalcemia) * P -value $\leq 0,05$



Figura 46: Número de visitas al comedero (sanas vs hipocalcemia) * P -value $\leq 0,05$



Figura 47: Número cambio de pie a tumbado (swaps) (sanas vs hipocalcemia) * P -value $\leq 0,05$



Figura 48: Número de pasos (sanas vs hipocalcemia) * P -value $\leq 0,05$



Figura 49: Tiempo tumbado (sanas vs hipocalcemia) * P -value $> 0,05$



Figura 50: Tiempo de pie (sanas vs hipocalcemia) * P -value $\leq 0,05$

5.3.5. Vacas sanas vs vacas con desplazamiento de abomaso

El número de vaca que se compararon con las vacas sanas en el caso del desplazamiento de abomaso fue 6. La Tabla 14 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 14. Resultados de la comparación en el comportamiento de vacas sanas vs vacas con desplazamiento de abomaso

Efecto	Media		P ≤
	Vacas sanas	Vacas enfermas	
Tiempo de acceso al comedero (min/día)	200	132	0,27
Número de visitas al comedero (visita/día)	9,4	5,6	0,0006
Cambio de pie a tumbado (número /día)	12,1	10,15	0,17
Número de pasos (número /día)	1913	1351	0,007
Tiempo tumbadas (min/día)	7351	860	0,01
Tiempo de pie (min/día)	505	477	0,14

Los resultados en el caso de la predicción de desplazamiento de abomaso fueron significativos en las siguientes actividades para el número de visitas al comedero, media 5,5 visita/día (\bar{x} : 52; $P = 0,0006$); el número de pasos, media 1351 pasos/día (Figura 54; $P=0,007$); y el tiempo tumbado, media 859 min/día (Figura 55; $P=0,01$).

Las vacas que sufrieron un desplazamiento del abomaso visitaron el 40% menos los comederos que las vacas sanas, se pasaron casi dos horas más tumbadas que las vacas sanas, e hicieron de medios 562 pasos menos que las vacas sanas. Estos signos muestran predisposición y debilidad en el parto, y se convierten en buenos predictores del riesgo de desplazamiento de abomaso.

Edwards y Tozer (2004) realizaron un estudio sobre la predicción de desplazamiento de abomaso antes de su diagnóstico basándose en la composición de la leche y en los cambios en la actividad diaria de las vacas en comparación con la actividad normal. En este trabajo encontraron que las vacas que desarrollaron un desplazamiento de abomaso se comportaron de forma distinta a las vacas sanas en los días 8 y 9 antes de la detección de la enfermedad, mostrando una mayor actividad que las vacas sanas. Este resultado es contradictorio respecto al encontrado en el

estudio actual, y probablemente se debe a que el estudio de Edwards y Tozer (2004) se hizo en vacas en producción, y no en el periodo seco y, por lo tanto la comparación de nuestro resultado con este trabajo no tiene sentido.

Nota

- Las unidades usadas en los graficos
Tiempo de acceso al comedero , tiempo tumbadas y tiempo de pie = min.
Número de vistas al comedero , cambio de pie a tumbado y numero de pasos = veces.



vacas sanas



vacas enfermas

Descripción de las diferentes actividades durante el preparto de las vacas sanas vs vaca con desplazamiento de abomaso.



Figura 51: Tiempo de acceso al comedero (sanas vs DA) *P-value > 0, 05



Figura 52: Número de visitas al comedero (sanas vs DA) *P-value < 0,001



Figura 53: Número de cambio de pie a tumbado (*swaps*) (sanas vs DA) *P-value > 0, 05

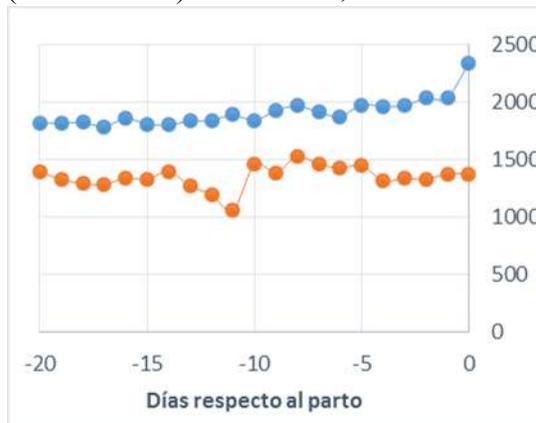


Figura 54: Número de pasos (sanas vs DA) * P-value ≤ 0, 05



Figura 55: Tiempo tumbado (sanas vs DA) *P-value ≤ 0, 05



Figura 56: Tiempo de pie (sanas vs DA) *P-value > 0, 05

5.3.6. Vacas sanas vs vacas con mastitis

Las vacas con mastitis después el parto fueron 10. Estas vacas se compararon con las vacas sanas. La Tabla 15 presenta los resultados obtenidos.

Nota: se compararon datos de vacas enfermas en el caso de la metritis, el desplazamiento de abomaso, la retención placentaria y la hipocalcemia contra vacas sanas que incluyen las vacas con mastitis. En este caso se compara las vacas sanas que no incluyen mastitis contra vacas con mastitis, por lo tanto la media de vacas sanas se cambia.

Tabla 15. Resultados de la comparación en el comportamiento de vacas sanas vs vacas con mastitis.

Efecto	Media		P ≤
	Vacas sanas	Vacas enfermas	
Tiempo de acceso al comedero (min/día)	198	143	0,41
Número de visitas al comedero (visita/día)	9,3	7,7	0,37
Cambio de pie a tumbado (número/día)	12,1	13,7	0,46
Número de pasos (número/día)	1911	1733	0,24
Tiempo tumbadas (min/día)	731	830	0,008
Tiempo de pie (min/día)	513	540	0,45

Ninguno de los resultados encontrados en el caso de la comparación de las vacas sanas o con mastitis fue significativo, excepto en el caso del tiempo de pie. Las vacas con mastitis después el parto pasaron más tiempo tumbadas en el parto que las vacas sanas (Figura 61; P=0,008). La media fue de 14 horas/día para las vacas con mastitis comparado con las 12 horas/día de las vacas sanas. Podría ser que las vacas que desarrollan mastitis tuvieran de forma concomitante alguna otra enfermedad del parto, pero, en nuestro estudio ninguna de las vacas con mastitis tuvo alguna enfermedad en el parto.

Trabajos recientes (Siivonen et al., 2011; Fogsgaard et al., 2012; Cycles et al., 2012) observaron que las vacas modifican su comportamiento de forma clara antes de un episodio de mastitis, pasando más tiempo de pie en comparación con las vacas sanas. Este cambio de comportamiento probablemente refleja un aumento del dolor. Las vacas con mastitis prefieren

estar más de pie que acostarse, probablemente para reducir la presión sobre la ubre. La comparación de nuestro resultado con estos resultados no tiene sentido porque el comportamiento encontrado en nuestro trabajo no fue una reacción a la enfermedad, y probablemente sea más una asociación que una relación causa-efecto.

Nota

- Las unidades usadas en los gráficos
Tiempo de acceso al comedero , tiempo tumbadas y tiempo de pie = min.
Número de vistas al comedero , cambio de pie a tumbado y numero de pasos = veces.



vacas sanas



vacas enfermas

Descripción de las diferentes actividades durante el parto de las vacas sanas vs vaca con mastitis



Figura 57: tiempo de acceso al comedero (sanas vs mastitis) *P-value > 0, 05



Figura 58: número de visitas al comedero (sanas vs mastitis) *P-value >0, 05



Figura 59: Número de cambio de pie a tumbado (*swaps*) (sanas vs mastitis) *P-value > 0, 05

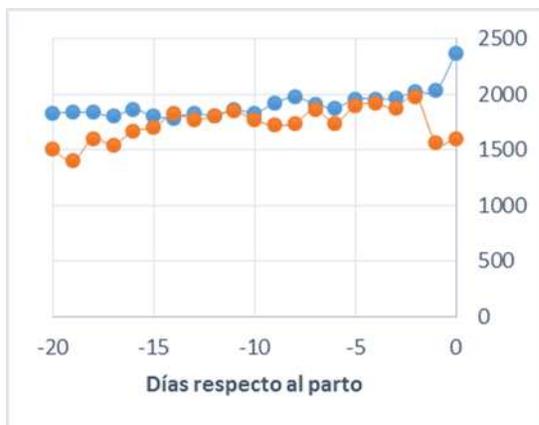


Figura 60: Número de pasos (sanas vs mastitis) *P-value > 0, 05



Figura 61: Tiempo tumbado (sanas vs mastitis) *P-value ≤ 0, 05



Figura 62: Tiempo de pie (sanas vs mastitis) *P-value > 0, 05

5.3.7. Análisis del conjunto de enfermedades y capacidad de identificación de enfermedades específicas.

Tabla 16. Resumen de los efectos significativos de las enfermedades posparto

Enfermedades	Tiempo de acceso al comedero	Número de visitas al comedero	Cambios de pie a tumbado (<i>swaps</i>)	Número de pasos	Tiempo tumbado	Tiempo de pie
DA	X	↓	X	↓	↑	X
Metritis	↓	↓	X	↓	X	↑
Hipocalcemia	↓	↓	↓	↓	X	↑
RP	↓	X	X	X	X	↑
Mastitis	X	X	X	X	↑	X

X. Diferencia no significativa; ↓ Media inferior respecto a las vacas sanas; ↑ Media superior respecto a las vacas sanas.

La predicción de enfermedades posparto basada en el comportamiento preparto ha ganado interés científico y comercial en estos últimos años, aunque sólo se han utilizado algunos sensores de comportamiento. Por ejemplo, los cambios en el comportamiento de alimentación y el consumo de alimento en el ganado han sido utilizados para predecir la cetosis (González et al., 2008), la enfermedad respiratoria bovina en la carne de vacuno (Sowell et al., 1998, Buhman et al., 2000), la morbilidad de terneros de engorde (Quimby et al., 2001) y la metritis en las vacas lecheras (Urton et al., 2005, Huzzey et al., 2007). Los resultados obtenidos en este trabajo no se pueden comparar directamente con la mayoría de los trabajos previos de la bibliografía porque en este estudio se ha utilizado un podómetro de nueva generación que recoge mucha información del comportamiento animal y, además, es un sistema económico y simple con aplicación a condiciones de campo. Además, nuestro estudio es único en el sentido que mide el comportamiento para predecir muchas diferencias a la vez.

A partir de los diferentes cambios de comportamiento, es posible describir patrones de cambio de comportamiento preparto que se asocian directamente con una enfermedad única, como la metritis, la retención placentaria, el desplazamiento de abomaso, la hipocalcemia o la mastitis (Tabla 16). Por ejemplo, la presencia de cambios significativos en todas las variables, excepto el tiempo tumbado, nos predice la presencia de la hipocalcemia. Por el contrario, la presencia única de significación en el tiempo tumbado nos indica la presencia de la mastitis. El patrón característico de cambios de comportamiento en cada enfermedad nos ha de permitir predecir cada una de ellas si hay información disponible de todas estas variables.

La presencia de significación de sólo el número de visitas al comedero predice un mayor riesgo de desplazamiento de abomaso. La significación única del tiempo de acceso al comedero nos indica un mayor riesgo de retención placentaria. También la presencia de significación de las dos variables, tiempos de acceso y el número de visitas al comedero, nos informa de un mayor riesgo de hipocalcemia. La única significación en el tiempo de acceso al comedero es característica de la retención placentaria. La presencia de significación en el tiempo de acceso al comedero y tendencia a la significación en las visitas al comedero nos indica un mayor riesgo de metritis.

Aunque los resultados son prometedores, es necesario determinar la precisión y sensibilidad del método de predicción del riesgo de enfermedad basándonos sólo en el comportamiento alimentario. Esa posibilidad permitiría implementar estrategias de prevención específicas para los animales en riesgo, aplicando tratamientos preventivos únicamente a estos animales, reduciendo sustancialmente el coste preventivo.

6. CONCLUSIÓN

Se ha demostrado a partir del uso de podómetros que:

1. El sistema ecoHERD tiene una repetitividad mayor que 95% indicando que los resultados son independientes de la pata utilizada (pata derecha o izquierda).
2. El comportamiento normal de las vacas preparto es de media: 3,3 horas/día comiendo, 9,4 visitas/día a los comederos, 12 veces/día cambian de posición de pie a tumbado, 1913 pasos/día, 12,3 horas/día tumbadas y 8,4 horas/día de pie.
3. Los podómetros son capaces de predecir, a partir del comportamiento preparto, el riesgo de padecer enfermedades postparto.
4. Los podómetros, además, son capaces de predecir el tipo de enfermedad (mastitis, retención placentaria, desplazamiento del abomaso, metritis e hipocalcemia) basándose a los patrones particular de cambio de comportamiento de cada enfermedad.

7. BIBLIOGRAFIA

- Alain, F. 2004. Déplacement de caillette. Direction régionale du Centre-du-Québec.
Available at: <http://www.agrireseau.qc.ca/bovinslaitiers/documents/AGRI-RESEAU%20-%20Deplacement%20caillette.pdf>
- Bach, A., and S. Calsamiglia, eds. 2002. Manual de racionamiento para el vacuno lechero. Servet. España.
- Baek, M. J. 2012. La transición de la vaca lechera un desafío a la naturaleza. Jornadas lecheras nacionales. Villa María. Available at: http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/metabolicas/metabolicas_bovinos/53-transicion.pdf
- Bareille, N., F. Beaudeau, S. Billon, A. Robert, and P. Faverdin. 2003. Effects of health disorders on feed intake and milk production in dairy cows. *Livestock Production Science*. 83:53-62.
- Bartlett, P. C., J. H. Kirk, M. A. Wilke, J. B. Kaneene, and E. C. Mather. 1986. Metritis complex in Michigan Holstein Friesian cattle: incidence, descriptive epidemiology and estimated economic impact. *Prev. Vet. Med.* 4:235.
- Bell, A. W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 73:2804-2819.
- Bertics, S. J., R. R. Grummer, C. Cadorniga-Valino, and E. E. Stoddard. 1992. Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J. Dairy Sci.* 75:1914.
- Borsberry, S., and H. Dobson. 1989. Periparturient diseases and their effect on reproductive performance in five dairy herds. *Vet. Rec.* 124:217.
- Buhman, M. J., L. J. Perino, M. L. Galyean, T. E. Wittum, T. H. Montgomery, and R. S. Swingle. 2000. Association between changes in eating and drinking behaviors and respiratory tract disease in newly arrived calves at the feedlot. *Am. J. Vet. Res.* 61:1163-1168.
- Butler, W. R., and R. D. Smith. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72:767-783.
- Cook, N. B., T. B. Bennett, K. V. Nordlund. 2005. Monitoring indices of cow comfort in free-stall-housed dairy herds. *Journal of Dairy Science*. 88, 11.

- Cook, N. B., and K. V. Nordlund. 2009. The influence of the environment on dairy cow behaviour, claw health and herd lameness dynamics. *Vet. J.* 179:360-369.
- Cyplis, J. A., C. E. Fitzpatrick, K. E. Leslie, DeVries, T. J. Haley and D. B. Chapinal. 2012. Short communication: The effects of experimentally induced *Escherichia coli* clinical mastitis on lying behavior of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95:2571-2575.
- De Luca, L. J., 2006. La vaca seca. Importancia del período de transición en la salud post-parto de las vacas de alta producción. Available at:
http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/126-transicion.pdf
- Dewhurst, R. J., J. M. Moorby, M. S. Dhanca, R. T. Evens, and W. J. Fisher. 2000. Effects of altering energy and protein supply to dairy cows during the dry period. 1. intake, body condition and milk production. *J. Dairy Sci.* 83:1782-94.
- Dohoo, I. R., and S. W. Martin. 1984. Subclinical ketosis: Prevalence and associations with production and disease. *Can. J. Comp. Med.* 48:1-5.
- Drackley, J. K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *J. Dairy Sci.* 82:2259-2273.
- Duffield, T. F., K. D. Lissemore, B. W. McBride, and K. E. Leslie. 2009. Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *J. Dairy Sci.* 92: 571-580.
- Edwards, J. L., and P. R. Tozer. 2004. Using activity and milk yield as predictors of fresh cow disorders. *J. Dairy Sci* 87: 524-531.
- Fenwick, D. C. 1990. The relationship between certain blood constituents in cows with milk fever and the response following treatment with calcium borogluconate solutions. *Aust. Vet. J.* 67: 102-104.
- Fogsgaard, K. K., C. M. Røntved, P. Sørensen, and M. S. Herskin. 2012b. Sickness behavior in dairy cows during *Escherichia coli* mastitis. *J. Dairy Sci.* 95:630-638.
- Fourichon, C., H. Seegers, N. Bareille, and F. Beaudeau. 1999. Effects of disease on milk production in the dairy cow: A review. *Prev. Vet. Med.* 41:1-35.
- Fregonesi, J. A., and J. D. Leaver. 2001. Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. *Livestock Production Science.* 68:2-3.

- French, P. D., R. E. James, and M. L. Mc Gilliard. 1999. Effects of prepartum diet energy concentration on prepartum and postpartum intake and milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 82 (Suppl 1): 111.
- Gardner, I. A., D. W. Hird, W. W. Utterback, C. Danaye-Elmi, B. R. Heron, K. H. Christiansen, and W. M. Sischo. 1990. Mortality, morbidity, case-fatality and culling rates for California dairy cattle as evaluated by the National Animal Health Monitoring System, 1986-87. *Prev. Vet. Med.* 8:157.
- Geoffrey, E., Dahl, Karen, E. Karvetski, M. Jessica. Velasco, and Eric D. Reid. 2008. bright ideas in dry cow management. Available at:
<http://livestocktrail.illinois.edu/uploads/dairynet/papers/Dry%20Cow%20Management.pdf>
- Goff, J. P., and R. L. Horst. 1997. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.* 80:1260-1268.
- Goldhawk, C., N. Chapinal, D. M. Veira, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2009. Prepartum feeding behavior is an early indicator of subclinical ketosis. *J. Dairy Sci.* 92: 4971-4977.
- González, L. A., B. J. Tolcamp, M. P. Coffey, A. Ferret, and I. Kyriazakis. 2008. Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91: 1017-1028.
- Grant, R. J., and J. L. Albright. 2000. Feeding behaviour. In *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. J. P. F. D'Mello, ed. CABI Publishing. New York, NY.
- Grant, R. 2007. Taking advantage of natural behavior improves dairy cow performance. Pages 225-236 in *Proc. Western Dairy Management Conf.*, Reno, NV.
- Gröhn, Y. T., P. J. Rajala-Schultz, H. G. Allore, M. A. DeLorenzo, J. A. Hertl, and D. T. Galligan. 2003. Optimizing replacement of dairy cows: Modeling the effects of diseases. *Prev. Vet. Med.* 61:27-43.
- Grummer, R. R. 1993. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:3882-3896.
- Grummer, R. R. 1995. Impact in changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition cow. *J. Anim. Sci.* 73:2820-2833.
- Grummer, R. R., D. G. Mashek, and A. Hayirli. 2004. Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Vet. Clin. North Am. Food Anim.* 20: 447-470.

- Grummer, R. R., M. C. Wiltbank, P. M. Fricke, R. D. Watters, and N. Silvia-Del-Rio. 2010. Management of dry and transition cows to improve energy balance and reproduction. *J. Reprod. Dev.* 56:S22-S28.
- Guard, C. 2008. The costs of common diseases of dairy cattle (Proceedings). DVM 360 veterinary medicine. Available at: <http://veterinarycalendar.dvm360.com/costs-common-diseases-dairy-cattle-proceedings-0?id=&sk=&date=&pageID=3>
- Haley, D. B., J. Rushen, and A. M. De Passillé. 2000. Behavioural indicators of cow comfort: activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. *Canadian Journal of Animal Science.* 80: 257-263.
- Hanzen, C. 2008. La retention placentaire chez les ruminants. Available at: http://www.therioruminant.ulg.ac.be/notes/200809/R11_Retention_placentaire_2009.pdf
- Hayirli, A., R. R. Grummer, E. V. Nordheim, and P. M. Crump. 2002. Animal and Dietary Factors Affecting Feed Intake During the Prefresh Transition Period in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 85:3430-3443.
- Hayirli, A., R. R. Grummer, E. V. Nordheim, and P. M. Crump. 2003. Models for predicting dry matter intake of Holsteins during the prefresh transition period. *J. Dairy Sci.* 86:1771-1779.
- Horta, A. E. M. 1994. Etiopatogenia e terapeutica da retencao placentária nos bovinos Proc 7as jornadas internacionais de reproducción animal. Murcia, pp 181- 192.
- Huzzey, J. M., M. A. G. von Keyserlingk, and D. M. Weary. 2005. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *J. Dairy Sci.* 88:2454-2461.
- Huzzey, J. M., D. M. Veira, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2007. Parturition behavior and dry matter intake identify dairy cows at risk for metritis. *J. Dairy Sci.* 90:3220-3233.
- Ingvarsen, K. L., R. J. Dewhurst, N. C. Friggens. 2003. On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle? A position paper. *Livestock Production Science.* 83:277-308.
- Ito, K., M. A. G. von Keyserlingk, S. J. LeBlanc, and D. M. Weary. 2010. Lying behavior as an indicator of lameness in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:3553-3560.

- Jawor, P. E., J. M. Huzzey, S. J. LeBlanc, and M. A. G. von Keyserlingk. 2012. Associations of subclinical hypocalcemia at calving with milk yield, and feeding, drinking, and standing behaviors around parturition in holstein cows. *J. Dairy Sci.* 95:1240-1248.
- Jean, L. L. 2002. Santé des vaches laitières: Les métrites aiguës touchent jusqu'à un tiers des vaches. Available at: <http://www.paysan-breton.fr/article.php?d=2967>
- Joly, J. A. M. 2007. Le peripartum de la vache laitière: aspects zootechniques et sanitaire. PhD Thesis. Faculte de medicine de Creteil. France.
- Kelton, D. F., K. D. Lissemore, and R. E. Martin. 1998. Recommendations for recording and calculating the incidence of selected clinical diseases of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81:2502-2509.
- Knott, L., J. F. Tartlon, H. Craft, and A. J. F. Webster. 2007. Effects of housing, parturition and diet change on the biochemistry and biomechanics of the support structures of the hoof of dairy heifer's. *Vet. J.* 174:227-287.
- LeBlanc, S. 2010. Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period. *J. Reprod. Dev.* 56:S29-S35.
- Lidfors, L. 1989. The use of getting up and lying down movements in the evaluation of cattle environments. *Veterinary Research Communications.* 13: 307-324.
- Manspeaker, J. E. 2005. Retained placentas Dairy integrated reproductive management. University of Maryland and West Virginia University EUA.
- Mashek, D. G., and R. R. Grummer. 2003. The ups and downs of feed intake in prefresh cows. Proc. Four-State Nutr. Conf. LaCrosse, WI. MidWest Plan Service publication MWPS-4SD16. pp. 153-158.
- Rérat, M. 2005. La fièvre du lait chez la vache laitière. Fiche technique pour la pratique. Available at: [file:///C:/Users/anoire/Downloads/pub_RratM_2005_15936%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/anoire/Downloads/pub_RratM_2005_15936%20(4).pdf)
- Rérat, M. 2009. L'acétonémie chez la vache laitière. Fiche technique destinée à la pratique. Available at: [file:///C:/Users/anoire/Downloads/pub_RratM_2009_19277%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/anoire/Downloads/pub_RratM_2009_19277%20(1).pdf)
- Nigel, N. B. 2008. Time Budgets for Dairy Cows: How Does Cow Comfort Influence Health, Reproduction and Productivity? Available at: <http://www.vetmed.wisc.edu/dms/fapm/publicats/proceeds/TimeBudgetsan dDairyCowsOmaha.pdf>

- Ospina, P. A., D. V. Nydan, T. Stokol, and T. R. Overton. 2010a. Evaluation of non-esterified fatty acids and beta-hydroxy butyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases. *J. Dairy Sci.* 93:546-54.
- Ospina, P. A., D. V. Nydan, T. Stokol, and T. R. Overton. 2010b. Associations of elevated nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *J. Dairy Sci.* 93:1596-603.
- Ostergaard, S., and Y. T. Gröhn. 1999. Effects of diseases on test day milk yield and body weight of dairy cows from Danish research herds. *J. Dairy Sci.* 82:1188-1201.
- Overton, M. W., W. M. Sischo, and J. P. Reynolds. 2003. Evaluation of estradiol cypionate administered prophylactically to post parturient dairy cows at high risk for metritis. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 223:846-851.
- Perera, K. S., F. C. Gwazdauskas, R. E. Pearson, and T. B. Brumback Jr. 1986. Effect of season and stage of lactation on performance of Holsteins. *J. Dairy Sci.* 69:228-236.
- Plesch, G., N. Broerckens, S. Laister, C. Winckler, U. Knierim. 2010. Reliability and feasibility of selected measures concerning resting behaviour for the onfarm welfare assessment in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science.* 126:19-26.
- Proudfoot, K. L., J. M. Huzzey, and M. A. G. von Keyserlingk. 2009b. The effect of dystocia on the dry matter intake and behavior of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 92:4937-4944.
- Proudfoot, K. L., D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2010. Behavior during transition differs for cows diagnosed with claw horn lesions in mid lactation. *J. Dairy Sci.* 93:3970-3978.
- Quimby, W. F., B. F. Sowell, J. G. P. Bowman, M. E. Branine, M. E. Hubbert, and H. W. Sherwood. 2001. Application of feeding behavior to predict morbidity of newly received calves in a commercial feedlot. *Can. J. Anim. Sci.* 81:315-320.
- Radostits, O. M.; J. H. Arundel, and C. C. Gay. 2000. *Veterinary Medicine.* 9th Edit. Bailliere & Tindall. pp: 355-357.
- Rodriguez, F. 2013. Make a good robotic facility great.
Available at: <http://www.milkproduction.com/Library/Scientific-articles/Milk--milking/Make-a-good-robotic-milking-facility-great>

- Sevinga, M., J. W. Hesselink, and H. W. Barkema. 2002. Reproductive performance of Friesian mares after retained placenta and manual removal of the placenta. *Theriogenology*. 57: 923-930.
- Siivonen, J., Taponen, S., Hovinen, M., Pastell, M., Lensink, B. J., Pyörälä, S., and L. Hänninen. 2011. Impact of acute clinical mastitis on cow behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 132:101-106.
- Sowell, B. F., M. E. Branine, J. G. P. Bowman, M. E. Hubbert, H. E. Sherwood, and W. Quimby. 1999. Feeding and watering behavior of healthy and morbid steers in a commercial feedlot. *J. Anim. Sci.* 77:1105-1112.
- Sepúlveda-Varas, P., J. M. Huzzey, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2013. Behaviour, illness and management during the periparturient period in dairy cows. *Anim. Prod. Sci.* 53:988-999.
- Sepúlveda-Varas, P., D. M. Weary, M. A. G. von Keyserlingk. 2014. Lying behavior and postpartum health status in grazing dairy cows. In: *J. Dairy Sci.* 97:633-6343.
- Smith, B. I., and C. A. Risco. 2002. Clinical manifestation of postpartum metritis in dairy cattle. *Comp Contin Educ Pract Vet.* 24:S56-S63.
- Smith, B. I., and C. A. Risco. 2005. Management of periparturient disorders in dairy cattle. *Vet Clin Food Anim.* 21: 503-521.
- Urton, G., M. A. G. von Keyserlingk, and D. M. Weary. 2005. Feeding behaviour identifies dairy cows at risk for metritis. *J. Dairy Sci.* 88:2843-2849.
- van Werven, T., Y. H. Schukken, J. Lloyd, A. Brand, H. T. Heeringa, and M. Shea. 1992. The effects of duration of retained placenta on reproduction, milk production, postpartum disease and culling rate. *Theriogenology*. 37:1191.