Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza

Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

MÉTODOS DE PREDICCIÓN DEL PARTO EN LA VACA Y LA YEGUA

PREDICTION METHODS OF PARTURITION IN COW AND MARE

Autor/es

PAULA OTERO GONZÁLEZ

Director/es

Mª LYDIA GIL HUERTA
FELISA MARTÍNEZ ASENSIO

Facultad de Veterinaria

2019

Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza

Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

MÉTODOS DE PREDICCIÓN DEL PARTO EN LA VACA Y LA YEGUA

PREDICTION METHODS OF PARTURITION IN COW AND MARE

Autor/es

PAULA OTERO GONZÁLEZ

Director/es

Mª LYDIA GIL HUERTA
FELISA MARTÍNEZ ASENSIO

Facultad de Veterinaria

2019

ÍNDICE

1. RESUMEN/ABSTRACT 3
2. INTRODUCCIÓN 4
2.1 FISIOENDOCRINOLOGÍA DEL PARTO 4
2.2 FASES DEL PARTO 6
2.2.1 Fase prodrómica 6
2.2.2 Fase de dilatación 7
2.2.3 Fase de expulsión 8
2.2.4 Fase de alumbramiento 9
3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS 10
4. METODOLOGÍA 11
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 11
5.1 MÉTODOS TRADICIONALES DE DETECCIÓN DEL PARTO 11
5.2 MÉTODOS BASADOS EN PRUEBAS ANALÍTICAS 13
5.3 MÉTODOS BASADOS EN LA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA CORPORAL 16
5.4 MÉTODOS BASADOS EN LA ACTIVIDAD RUMINAL 19
5.5 MÉTODOS BASADOS EN LOS CAMBIOS DE POSICIÓN DE LA HEMBRA 21
5.6 MÉTODOS BASADOS EN LA FRECUENCIA CARDÍACA 23
5.7 MÉTODOS BASADOS EN EL USO DE PODÓMETROS 24
5.8 MÉTODOS BASADOS EN EL CAMBIO DE MOVIMIENTO DE LA COLA 25
5.9 MÉTODOS BASADOS EN EL USO DE DISPOSITIVOS VAGINALES 26
6. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS 27
7. VALORACIÓN 28
8. BIBLIOGRAFÍA 28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Endocrinología del parto 4
Figura 2. Endocrinología del parto de la vaca 5
Figura 3. Endocrinología del parto de la yegua 5
Figura 4. Vaca en fase de dilatación 8
Figura 5. Yegua en fase de dilatación 8
Figura 6. Vaca en fase de expulsión 9
Figura 7. Yegua en fase de expulsión 9
Figura 8. Vaca en fase de alumbramiento 10
Figura 9. Yegua en fase de alumbramiento 10

Figura 10. Laxitud en cola de vaca preparto 11
Figura 11. Secreción vulvar mucosa 12
Figura 12. Medición de la laxitud de los ligamentos sacro isquiáticos 12
Figura 13. Candelas en los pezones de una yegua 13
Figura 14. Glucómetro comercial 14
Figura 15. "Predict-A-Foal" 15
Figura 16. Toma de muestras de secreción mamaria y medición del carbonato cálcico 15
Figura 17. Termómetro vaginal 17
Figura 18. Termómetro vaginal Humeco 17
Figura 19. Caída de la temperatura vaginal 17
Figura 20. Caída en la temperatura de la base de la cola 17
Figura 21. Caída en la temperatura ruminal 18
Figura 22. Sensor intradérmico 18
Figura 23. Caída de la temperatura corporal en yegua 19
Figura 24. Caída de la actividad ruminal 19
Figura 25. Crotal con dispositivo "SensOor" 20
Figura 26. Dispositivo "HR tag" 20
Figura 27. Cabezada con dispositivo "Rumiwatch" 20
Figura 28. "Onset Pendant G" 21
Figura 29. "IceQube" 21
Figura 30. Sistema "SmartBow" 22
Figura 31. Incremento de la frecuencia cardíaca al comienzo de la fase de expulsión 23
Figura 32. Cambios en la frecuencia cardíaca de la yegua y del potro 24
Figura 33. Acelerómetro "IceTag 3D" 25
Figura 34. Podómetro 25
Figura 35. Sensor de movimiento de la cola 26
Figura 36. Dispositivo vaginal y sensor activado al inicio del parto 26
Figura 37. Dispositivo vaginal 27
Figura 38. Dispositivo vaginal 27

1. RESUMEN

Métodos de predicción del parto en la vaca y la yegua

El parto es uno de los acontecimientos más importantes en cualquier ganadería debido al gran peso económico que supone. Es desencadenado por el feto debido al incremento del cortisol fetal, el cual provoca una cascada hormonal en la madre. Se compone de cuatro fases que se van sucediendo una tras otra de manera gradual.

Debido a su importancia económica, ha sido siempre de interés para los ganaderos conocer, aunque fuera de manera aproximada y en base a los conocimientos basados en los síntomas que muestran las hembras, cuándo iba a producirse para poder separarlas y tenerlas vigiladas. Actualmente, se han desarrollado métodos sofisticados y automatizados que permiten conocer de manera mucho más precisa cuándo se producirá.

En este trabajo se va a llevar a cabo una revisión bibliográfica de dichos métodos. Todos ellos con mayor o menor fiabilidad y aplicabilidad a nivel de campo que permitan mejorar el trabajo en las explotaciones y tener mayor control sobre un proceso tan delicado e importante como es el parto y las pérdidas económicas que supone un mal manejo del mismo.

ABSTRACT

Prediction methods of parturition in cow and mare

Parturition is one of the most important events in every stockbreeding because of the economic significance it has. It is triggered by the rise up of the fetal cortisol, which causes a hormonal cascade in the dam. It is composed by 4 phases that follow one to another gradually.

Due to its economic importance, it has always been interesting to the stockbreeders to know approximately and based on the typical symptomatology that the dams show when the parturition will occur to isolate the animals and keep it watched. Actually, it has been developed sophisticated and automated methods that allows to know the parturition date in a much more accuracy way.

In this study it is going to be realized a bibliographic research about these methods. All of them with more or less reliability and applicability under field conditions, and that allow improve the stockbreeders work and have more control about such a delicate and important process like the parturition and the economic losses that supposes a bad management of it.

2. INTRODUCCIÓN

Durante la gestación, se produce el desarrollo fetal. De duración variable en función de la especie, se ve influida por diversos factores que pueden alargarla o acortarla.

Tanto en la vaca (cuya duración media es de 280 días) como en la yegua (con una duración media que varía entre 330-345 días) los factores que pueden provocar variaciones en la duración de la gestación son (**Noakes, 1986; Neely y cols., 1989; McCue y Ferris, 2012; Ammann y cols., 2016**):

- Raza: la influencia del genotipo se manifiesta cuando sementales de ciertas razas son cruzados con hembras de una raza diferente a ellos. Este hecho incrementa la duración de la gestación.
- Sexo del feto: en la vaca los machos presentan una gestación más prolongada que las hembras de la misma raza. Las yeguas que paren machos, tienen una gestación más prolongada que las que paren hembras.
- Factores ambientales como serían: temperatura ambiental, estación del año, ciclos lunares…En la yegua también influyen los fotoperiodos artificiales y momento de cubrición.

2.1 FISIOENDOCRINOLOGÍA DEL PARTO

La gestación concluye con el parto y se trata de uno de los momentos más críticos en el manejo del ganado. Asegurar que el parto se produce de manera adecuada es clave para evitar graves pérdidas económicas, así como para mantener el bienestar del ganado (**Neary y Hepworth, 2005**).

El feto ejerce un control esencial en la duración de la gestación y la madre puede influir en el momento del parto, pero solo dentro de unos límites muy estrechos. La musculatura uterina es el componente clave de este proceso y el cambio fisiológico esencial que existe entre la gestación y el parto es una liberación del potencial contráctil del miometrio.

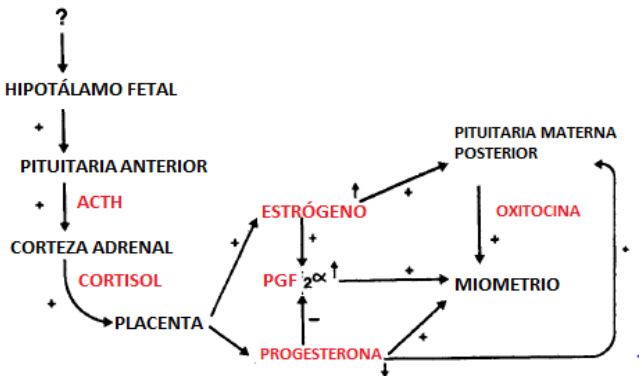

Figura 1. Endocrinología del parto (**Liggins y cols., 1969**)

El parto es estimulado por el feto y completado por una compleja interacción de factores endocrinos, neuronales y mecánicos (**Figura 1**). Se ha demostrado que el sistema endocrino fetal domina en la vaca mientras que tiene una función menor en la yegua (**Hafez y Hafez, 2000**).

Como demostró **Liggins (1969)**, las glándulas adrenales del feto a término son capaces de secretar cortisol a unas dosis a las cuales se ve afectada la actividad uterina de manera suficiente como para provocar el parto. El feto tiene capacidad para afectar a la contractibilidad del miometrio mediante un eje que incluye hipotálamo, pituitaria y glándulas adrenales fetales. Mediante estos mecanismos el miometrio permanece inmóvil y así el desarrollo del feto dentro del útero no se ve perturbado (**Hafez y Hafez, 2000**).

Thorburn (1991) postula que las demandas metabólicas crecientes sobre la placenta en la fase en la que se produce un crecimiento fetal rápido estimulan la producción placentaria de prostaglandina E_2 que activa el eje hipotálamo-hipofisario-adrenal del feto. Como resultado de este hecho, se produce un aumento en la concentración de cortisol fetal. El incremento de esta hormona produce una disminución en la concentración plasmática de progesterona, hormona cuyo cometido es mantener la inactividad miometrial permitiendo el mantenimiento de la gestación. Además de afectar a la concentración de progesterona, la elevación del cortisol fetal estimula la conversión de los derivados placentarios de progesterona en estrógenos mediante la activación de la enzima placentaria 17-α-hidroxilasa (**Figura 2**).

En la yegua tras producirse un incremento significativo de la progesterona en el día 90 de gestación, su concentración comienza a descender hasta el día 240. Desde el día 240 al 300, los niveles de progesterona son particularmente bajos (<2 ng/ml). Sin embargo, en el último mes de gestación, la concentración de progesterona se eleva hasta valores de 3-4 ng/ml en plasma (**Seren y cols., 1981**) (**Figura 3**). Parece ser que, en la yegua, la progesterona es cuantitativamente el progestágeno menos importante en el plasma materno y fetal, y que otros progestágenos son activos biológicamente como es el caso del 5α-pregnona-3, 20-diona (metabolito directo de la progesterona) (**Ousey, 2004**).

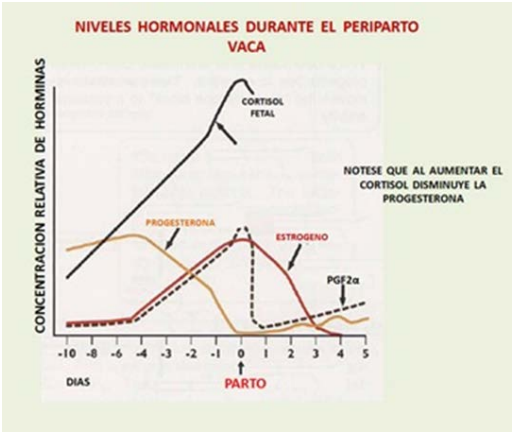

Figura 2. Endocrinología del parto de la vaca (http://reproduccionbovina-mgrg.blogspot.com/p/parto-puerperio.htm)

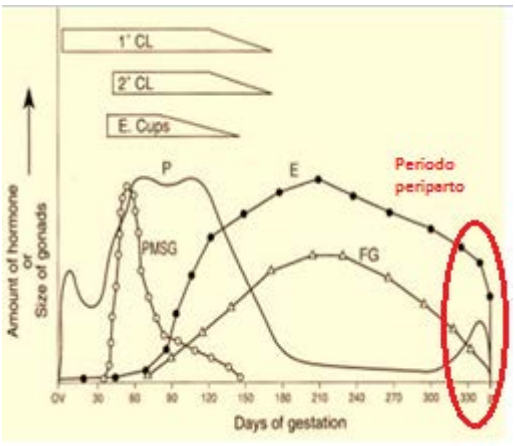

Figura 3. Endocrinología del parto de la yegua (**Wessel, 2005**)

El aumento de los estrógenos y el descenso de la progesterona en la circulación periférica tienen una serie de efectos (**Liggins y cols., 1977**):

- Los estrógenos tienen efecto directo sobre el miometrio de manera que aumenta
- Se produce el reblandecimiento del cuello uterino alterando la estructura de las fibras colágenas del mismo.
- Actúan sobre el complejo cotiledón-carúncula para estimular la producción y liberación de $PGF_{2\alpha}$. Este último cambio está inducido por la activación de la enzima fosfolipasa A_2. La activación de esta enzima se produce por la disminución de la progesterona y el aumento de los estrógenos. La fosfolipasa A_2 estimula la liberación de ácido araquidónico que se transformará en $PGF_{2\alpha}$.

La $PGF_{2\alpha}$ es el factor intrínseco estimulante de las células musculares lisas (**Csapo, 1977**) y por ello su liberación es importante en el comienzo de las contracciones miometriales. El efecto de estas contracciones es hacer avanzar al feto hacia el cuello del útero y vagina donde estimula los receptores sensoriales e inicia el reflejo de Ferguson de manera que se produce la liberación de grandes cantidades de oxitocina. Esta hormona estimula nuevas contracciones miometriales y la liberación de más $PGF_{2\alpha}$ por parte del miometrio. Por lo tanto, estas hormonas junto con la contracción uterina, parece que trabajan como un sistema de feedback positivo de creciente magnitud, estimulando así nuevas contracciones uterinas y la consiguiente expulsión del feto (**First, 1980**).

En la yegua la concentración plasmática de oxitocina y prostaglandinas siguen un patrón similar mientras que los estrógenos siguen un patrón diferente ya que la concentración total de estos disminuyen antes del parto. Además, durante la segunda mitad gestación se producen grandes cantidades de equilina y equilenina y se cree que estas actúan en las uniones útero-placentarias y promueven la liberación de prostaglandinas y oxitocina iniciando de esta manera la actividad miometrial (**Ousey, 2004**).

2.2 FASES DEL PARTO

El proceso del parto se divide en cuatro fases separadas. Estas fases no comienzan y finalizan de forma brusca, sino que se pasa gradualmente de una a otra.

2.2.1 Fase prodrómica

En la vaca comienza de 2 a 4 semanas antes de que se produzca el parto. Antiguamente se la consideraba como un periodo y no se puede definir clínicamente el inicio ni el fin. Se observan una serie de signos precursores. Una semana antes del parto se aprecia la relajación, elongación y edema de la vulva por acción de los estrógenos, también se produce la relajación del cérvix de

manera que permite la introducción de 2 a 4 dedos, este cambio se produce por la disminución de la concentración de progesterona. Unas 24-48 horas preparto se aprecian cambios en la viscosidad de la secreción vaginal debido a la apertura del cérvix. La temperatura rectal desciende entre 0,5 y 1˚C entre 12 y 36 horas antes del parto. Otro cambio que se produce es la relajación de los ligamentos sacro isquiáticos, se estima que un desplazamiento de 5 cm indica que el parto se puede producir en las próximas 24 horas. Se debe destacar también el cambio de la secreción mamaria que pasa de ser acuosa o viscosa a ser abundante, amarillenta y turbia (**Rutter, 2018**).

En la yegua comienza de 4 a 5 semanas antes del parto y lo primero que se observa es el crecimiento de la ubre, alcanzando su máximo desarrollo 24-48 horas antes. Entre 1 y 3 semanas previas, se aprecia un descenso gradual del abdomen, siendo este hecho mucho más evidente cuantos más años tenga la yegua. En los 4-6 días previos, se produce el llenado de la ubre pudiéndose obtener gotas de calostro. Entre 1 y 4 días previos, el calostro se acumula en el pezón, este es denominado comúnmente como candelas. En las 24 horas previas se produce además la relajación, alargamiento y edematización de la vulva (**Redondo, 2012**).

2.2.2 Fase de dilatación

En la vaca, la duración de esta etapa varía entre las 6 y 16 horas, siendo las novillas las que más la prolongan (González-Martín y cols., 2017). En la yegua, sin embargo, esta primera etapa dura entre 4 horas y 30 minutos pudiendo ser más corta y tener signos menos evidentes en las yeguas multíparas (**Brinsko y cols., 2011**).

La determinación del comienzo de esta etapa es difícil en algunas hembras, especialmente en las multíparas. Esta fase se inicia con la aparición de contracciones uterinas regulares y coordinadas que aumentan en frecuencia e intensidad a medida que avanza (**Noakes, 1986**).

En la vaca, comienza con las contracciones uterinas y termina con la ruptura de las membranas fetales. Las primeras contracciones uterinas son irregulares y de poca intensidad volviéndose posteriormente coordinadas, rítmicas y enérgicas y tienen una dirección cráneo caudal iniciándose en el extremo de los cuernos uterinos. Las contracciones uterinas tienen una duración inicial que varía entre los 25 y 50 segundos y ocurren cada 10 o 15 minutos, pero a medida que el parto avanza, las contracciones aumentan de frecuencia e intensidad produciéndose cada 3 o 5 minutos y durando entre 50 y 90 segundos (**Rutter, 2018**). **Gillete y Holm (1963)** descubrieron que en la vaca las contracciones miometriales muestran un cambio desde ondas aisladas y descoordinadas durante las últimas fases de la gestación, hasta un tipo peristáltico, coordinado y regular en el momento en que se acerca la expulsión del ternero.

Durante esta fase, se produce una progresiva relajación y dilatación del cuello uterino. A las 6-12 horas del comienzo de la dilatación del cérvix, todo el cuello tiene un diámetro suficiente para permitir que esta estructura y la vagina formen un canal continuo que es ocupado y distendido por el alantoides. Las contracciones uterinas empujan a las membranas fetales y al ternero a través del cérvix (**Noakes, 1986**) (**Figura 4**).

Figura 4. Vaca en fase de dilatación (https://zoovetesmipasion.com/ganaderia/reproduccion-bovina/parto-de-la-vaca/#primera_etapa_del_parto_de_la_vaca)

Figura 5. Yegua en fase de dilatación (https://www.studocu.com/es/document/universidad-austral-de-chile/ginecologia-y-obstetricia/apuntes/gestacion-y-parto-normal-en-la-yegua/4474678/view)

En la yegua, se ha demostrado que se producen contracciones activas del miometrio durante toda la preñez. Estas contracciones son de tipo diurno y se produce un incremento en la actividad electromiográfica durante los 5 días previos al nacimiento (**Levine y cols., 1982**). Las contracciones uterinas comienzan igual que en la vaca como ondas suaves que se mueven desde la punta del cuerno uterino hacia el cérvix. Estas contracciones son ayudadas por el movimiento de la yegua y el del potro, lo que provocan que éste se mueva hacia el canal del parto. El potro tiene un rol activo en este periodo ya que cuando comienzan las contracciones uterinas rota sobre sí mismo pasando de estar en posición dorsopubiana a dorsosacra. Es frecuente que en este momento la yegua se tumbe y gire sobre sí misma para ayudar al feto a acomodarse (**Neely y cols., 1989**). Al final de esta primera fase, la yegua, se muestra muy nerviosa, se observa la ruptura de la membrana alantocoriónica y la salida del líquido alantoideo por la vulva (**Figura 5**). La yegua no realiza esfuerzos expulsivos en esta primera fase (**Arthur y cols., 1991**). Puede echarse y levantarse repetidamente, sudar y mirarse los costados, en definitiva, mostrar signos similares a los del cólico. Se cree que todos estos movimientos favorecen el posicionamiento del potro en el canal del parto (**Redondo, 2012**).

2.2.3 Fase de expulsión

El indicador del comienzo de esta fase es la aparición de contracciones abdominales. En la vaca, tiene una duración media de 70 minutos pudiendo oscilar entre los 30 minutos y las 4 horas (**Noakes, 1986**). Puede prolongarse hasta 30 minutos más si la vaca es conducida a la zona donde

parirá cuando la fase de dilatación esté avanzada (**Proudfoot y cols., 2013**). En la yegua, la duración promedio de esta fase es de 17 a 20 minutos (**Arthur, 1975**). Se presenta repentinamente y se caracteriza por la aparición del amnios o por el comienzo de esfuerzos expulsivos enérgicos (**Arthur y cols., 1991**).

En la vaca comienza cuando aparece la bolsa de aguas (amnios) por la vulva. Es menos intensa, pero de mayor duración que en la yegua. Los esfuerzos expulsivos son menos frecuentes y el animal a menudo permanece de pie al principio (**Figura 6**).

Figura 6. Vaca en fase de expulsión (https://zoovetesmipasion.com/ganaderia/reproduccion-bovina/parto-de-la vaca/#segunda_etapa_del_parto_de_vaca_expulsion_del_feto)

Figura 7. Yegua en fase de expulsión (https://www.studocu.com/es/document/universidad-austral-de-chile/ginecologia-y-obstetricia/apuntes/gestacion-y-parto-normal-en-la-yegua/4474678/view)

Las contracciones uterinas se vuelven cada vez más intensas. Al aumentar la presión ejercida por el feto sobre las paredes vaginales, se produce por vía refleja la contracción de los músculos abdominales. Se estima que la vaca necesita entre 60 a 80 contracciones abdominales hasta que expulsa al ternero. Durante esta etapa, la hembra permanece en decúbito con los miembros bien extendidos ya que esta posición favorece las contracciones abdominales (**Rutter, 2018**).

En la yegua, en el momento en que aparece el líquido amniótico por la vulva adopta la posición de decúbito lateral. Las contracciones más potentes se producen cuando la cabeza y los hombros del potro atraviesan la pelvis. Los esfuerzos se detienen bruscamente cuando la cadera del potrillo atraviesa la vagina (**Neely y cols., 1989**) (**Figura 7**). A pesar de que el parto es un proceso rápido en la yegua, supone un gran esfuerzo y frecuentemente la madre permanece en decúbito hasta 40 minutos después del parto (**Rossdale y Ricketts, 1980**).

2.2.4 Fase de alumbramiento

En la vaca, esta etapa tiene una duración media de 6 horas. **Gillete y Holm (1963)** observaron que se produce una pausa temporal en las contracciones abdominales tras el nacimiento del ternero. Sin embargo, estas reaparecen a los 10 minutos.

Las contracciones uterinas prosiguen durante varios días tras el nacimiento, siendo progresivamente menos intensas y menos frecuentes. Estas contracciones favorecen la separación y expulsión normal de la placenta (**Figura 8**). Si pasadas 12 horas la placenta no se ha expulsado, se considerará que se ha producido una retención placentaria (**González-Martín y cols., 2017**).

Figura 8. Vaca en fase de alumbramiento (https://zoovetesmipasion.com/ganaderia/reproduccion-bovina/parto-de-la vaca/#tercera_etapa_del_parto_de_vaca_expulsion_de_las_membranas_fetales)

En la yegua, esta etapa concluye en un promedio de 3 horas (**Allen, 1996**). Las contracciones abdominales cesan una vez que se ha expulsado el potro, pero de igual manera que ocurre en la vaca, después de un periodo refractario temporal, las contracciones miometriales reasumen su papel produciéndose ondas peristálticas de contracción que comienzan en la punta de los cuernos uterinos. La punta o apéndice de la membrana corioalantoidea se invierte y a medida que la membrana se enrolla, las vellosidades fetales se van desprendiendo de sus criptas (**Rossdale y Ricketts, 1980**). Debido a esta inversión, la mayoría de las placentas equinas son expulsadas con su superficie alantoidea hacia fuera (**Figura 9**). Durante la expulsión de la placenta la yegua puede mostrar signos de dolor o molestia abdominal (**Neely y cols., 1989**). Si la yegua no ha eliminado la placenta pasadas 10 horas se considera urgencia veterinaria ya que se trata de una retención placentaria (**Redondo, 2012**).

Figura 9. Yegua en fase de alumbramiento (https://www.studocu.com/es/document/universidad-austral-de-chile/ginecologia-y-obstetricia/apuntes/gestacion-y-parto-

3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Controlar el parto ayuda a disminuir la mortalidad de las crías y a evitar graves pérdidas económicas. Hasta el momento, el hombre, mediante la observación de la sintomatología en el animal, ha sido el único que ha podido controlarlo, sin embargo, actualmente se dispone de métodos más sofisticados y automatizados que incluso nos ayudan a predecir cuándo se va a producir. Permiten detectar anomalías en su desarrollo y a sospechar posibles distocias u otros problemas que suponen un grave riesgo para la vida del recién nacido y/o de la madre e incluso de su futura capacidad productiva facilitando así la toma de decisiones de manejo por parte del veterinario que favorezcan tanto a la cría como a la madre y al ganadero responsable de los

mismos. Por ello, nos planteamos en este trabajo, el **objetivo** de hacer una revisión bibliográfica de los distintos métodos más actuales de predicción del parto para ambas especies y que puedan ser aplicados, fundamentalmente, a nivel de campo.

4. METODOLOGÍA

Para la realización de esta revisión bibliográfica se llevó a cabo una búsqueda de artículos académicos mediante bases de datos como, "Web of Science", "PubMed", "Scielo", "Google Scholar", "Dialnet" y "IVIS", de los últimos 20 años, así como la utilización de libros y revistas especializadas. Las palabras clave de búsqueda fueron: "parturition", "prediction of parturition", " prediction of parturition in cattle", "calving", "calving detection", "prediction of calving", "prediction of parturition in mare", "foaling", "foaling detection"y "foaling prediction".

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Abordaremos los diferentes métodos existentes para predecir el parto en la vaca y yegua. Desde el método más simple como es la observación de los cambios que se producen hasta los más actuales donde se ha introducido las nuevas tecnologías analizando los pros y contras de cada uno de los métodos.

5.1 MÉTODOS TRADICIONALES DE DETECCIÓN DEL PARTO

Estos métodos se basan en la observación de los signos típicos de la fase prodrómica.

En la **vaca**, 4 semanas antes del parto los labios de la vulva aumentan de tamaño y se relajan, la ubre se hincha y edematiza ligeramente y la cola se mueve de una forma característica y se encuentra más relajada (**González-Martín y cols., 2017**) (**Figura 10**). La aproximación inminente del parto se reconoce por la mayor laxitud que presentan los ligamentos pélvicos y el cambio de la secreción mamaria que pasa de ser de relativa transparencia, similar a la miel, a una secreción celular opaca, el calostro (**Arthur y cols., 1991**).

Figura 10. Laxitud en cola de vaca preparto(http://lan.inea.org:8010/web/zootecnia/Zootecnia/Parto_vaca.htm)

En las 48 horas previas al parto, los labios de la vulva se engrosan hasta seis veces su tamaño normal, los pliegues de la ubre se alisan, los ligamentos pélvicos se vuelven fláccidos, la cola adquiere mayor movilidad y el abdomen toma forma de pera siendo este signo menos pronunciado en las novillas. En las 24 horas previas al parto se observa un moco denso y ambarino en la vulva (**Figura 11**), también pueden aparecer gotas de calostro en los pezones. Estos signos pueden variar en cuanto a su duración según el individuo (**González-Martín y cols., 2017**).

Figura 11. Secreción vulvar mucosa (http://lan.inea.org:8010/web/zootecnia/Zootecnia/Parto_vaca.htm)

En las 12 horas previas al parto, se observa la relajación completa de los bordes posteriores de los ligamentos sacro isquiáticos. De hecho, se considera que la relajación de los ligamentos pélvicos junto con la distensión de la ubre son los signos más fiables para predecir un parto en este rango de tiempo (**Berglund y cols., 1987; Kornmatisuk y cols., 2000; Streyl y cols., 2011**). Esta relajación puede ser medida de manera objetiva como puede ser observado en la **Figura 12** colocando dos reglas en cada lado de la pelvis, una de ellas paralela a los ligamentos que van del sacro a la tuberosidad isquiática y la segunda perpendicular a la primera para poder medir la profundidad de los ligamentos. Con este método, la probabilidad de que se produzca un parto en las próximas 24 horas es del 94% cuando la profundidad de los ligamentos se ve incrementada 5 mm o más de un día a otro (**Shah y cols., 2006**).

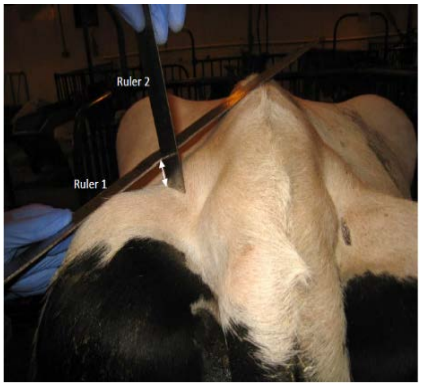

Figura 12. Medición de la laxitud de los ligamentos sacro isquiáticos (**Shah y cols.,2006**)

Otra característica observable en la vaca es que pueden producirse esfuerzos expulsivos ocasionales durante esta primera fase. El apetito disminuye y la rumia se vuelve irregular. El animal se muestra intranquilo y puede permanecer de pie con su dorso arqueado y la cola levantada (**Arthur y cols., 1991**).

En la **yegua** el cambio más fiable que indica que el parto es inminente es el cambio en el tamaño de la ubre y su secreción. El crecimiento de la ubre se hace aparente en el último mes de gestación, especialmente, en las 2 semanas previas al parto (**Brinsko y cols., 2011**). Si se lleva a cabo una inspección y palpación de la ubre, la distensión máxima se observará en las 24-48 horas previas al nacimiento (**Neely y cols., 1989**). No obstante este aspecto varía en función del número de partos que ha tenido la hembra, de este modo, algunas primíparas pueden parir con

el mínimo desarrollo glandular y sin la presencia de las llamadas candelas o con poca evidencia de la formación de calostro (**Mansmann y cols., 1982**).

Además del crecimiento de la ubre, se observa el acúmulo de una secreción de aspecto céreo al final del pezón procedente de la formación temprana del calostro, son las llamadas candelas (**Figura 13**). Estas se observan entre 1 y 4 días antes del parto, pero a veces pueden formarse dos semanas antes o incluso no llegar a hacerlo (**Brinsko y cols., 2011**).

Figura 13. Candelas en los pezones de una yegua (https://www.st-hippolyt.es/noticias/algunas-senales-que-indican-que-tu-yegua-esta-a-punto-de-parir-b8)

Durante los últimos días de gestación, los ligamentos sacro isquiáticos se relajan gradualmente hasta su borde posterior, extendiéndose desde la base de la cola hasta la tuberosidad isquiática, cambiando de consistencia pasando de ser tensos y acordonados a tener una textura más blanda y elástica evidente a las pocas horas del parto (**Arthur, 1975**). En muchas ocasiones esto se observa como una zona deprimida a cada lado de la cola; sin embargo, al contrario que sucede en la vaca, este signo puede pasar inadvertido por los grandes músculos de la grupa de la yegua. En la yegua no es tan evidente el aumento de tamaño y longitud de la vulva con desarrollo de edema antes del nacimiento ni existe descarga de moco vaginal antes del parto (**Roberts, 1971; Arthur, 1975**).

Asegurar el comienzo de la primera fase del parto es complicado, sin embargo, un indicador de que el parto ha comenzado es la aparición de una sudoración desigual detrás de los codos y cerca de los ijares, no siempre presente. Esta sudoración comienza unas 4 horas antes del nacimiento y aumenta a medida que se aproxima el parto (**Arthur y cols., 1991**).

Todos estos cambios fisiológicos observados, son seguidos por signos de cólico. Estos incluyen inquietud, acción repetida de echarse y levantarse, elevación y agitación de la cola, posturas repetidas para orinar y miradas dirigidas a los flancos (**Rossdale y Ricketts, 1980**).

5.2 MÉTODOS BASADOS EN PRUEBAS ANALÍTICAS

La medición de la concentración de hormonas relacionadas con la gestación y el parto puede utilizarse como método de predicción en ambas especies.

En la **vaca**, la disminución de la concentración de progesterona en sangre por debajo de niveles de 1,2 ng/ml es el indicador más fiable y preciso de predicción ya que se observa entre 36 y 12 horas previas al parto con una sensibilidad del 93,5% (**Matsas y cols., 1992**). Sin embargo, resulta ser demasiado caro para poder aplicarse en las explotaciones a nivel de campo (**Streyl y cols.,**

2011). Por este motivo se ha estudiado la posibilidad de realizar estas mediciones a partir de otras muestras como es el pregnanediol-3-glucoronido. Este metabolito de la progesterona es excretado por orina y se correlaciona con los niveles séricos de dicha hormona, por ello, podrían tomarse muestras de orina para medir de manera indirecta los niveles de progesterona (**Kirkpatrick y cols., 1991**).

Saint-Dizier y Chastant-Maillard (2015) aseguran que el método más preciso y con mayor sensibilidad para predecir la inminencia de un parto con 24 horas de antelación es utilizar la combinación de 3 parámetros: la medición del grado de relajación de los ligamentos pélvicos, de los niveles de progesterona y del 17-β-estradiol circulante. Sin embargo, medir los estrógenos tiene una baja sensibilidad ya que solo una pequeña proporción de las vacas (13,5-35,0%) muestran niveles elevados 24 horas preparto.

Además de la medición de hormonas, puede resultar interesante medir los niveles de glucosa en sangre ya que la glucemia se eleva en el momento del parto pasando de concentraciones entre 45-70 mg/dL a 76-150 mg/dL (**Schwalm y Schultz, 1976; Jacob y cols., 2001; Bionaz y cols., 2007**). Esta medición puede realizarse en sangre entera, plasma o suero, pero hay que tener en cuenta que los valores son más altos en suero y plasma que en la sangre entera (**D'Orazio y cols., 2005**). Existe una amplia variedad de glucómetros (**Figura 14**) en el mercado que permiten realizar la medición de la glucemia con una sola gota de sangre de manera rápida y relativamente barata. A pesar de que puede resultar un buen método, se debe tener en cuenta que existe la posibilidad de obtener resultados erróneos por mal uso del glucómetro, si la temperatura y/o humedad no son las adecuadas, por las variaciones que pueden producirse en el hematocrito del paciente, si se usan tiras reactivas caducadas… (**Fazel y cols., 1996; Gautier y cols., 1996; Cohn y cols., 2000; Tang y cols., 2000**).

Figura 14.Glucómetro comercial (https://www.ribasmedicina.com/producto/kit-glucometro-eks-0501/)

En la **yegua** la composición electrolítica de las secreciones mamarias cambia conforme se aproxima el parto. La concentración de sodio y cloro desciende mientras que la de calcio, potasio, proporción proteica y lactosa se incrementa (**Peaker y cols., 1979; Ousey y cols., 1984**). Medir estos cambios, en especial el del calcio, se ha convertido en uno de los métodos más utilizados a la hora de predecir el parto en esta especie (**Cash y cols., 1985; Ousey y cols., 1989**). Uno de los beneficios de medir el calcio es que indica si la yegua está o no preparada para parir por lo que evita horas de trabajo innecesarias. Se cree que este incremento de los niveles de

calcio está relacionado con la madurez del feto en el útero (**Ousey y cols., 1989; Ley y cols., 1993**). De hecho, en el mercado existen test comerciales para medir el calcio como "Predict-A-Foal" (**Figura 15**). Según el fabricante, este kit permite predecir el parto con 12 horas de antelación y con el 95% de fiabilidad.

Figura 15. "Predict-A-Foal" https://www.pbsanimalhealth.com/products/predict-a-foal

Canisso y cols., (2013) indicaron que el pH va descendiendo en los últimos 4 días antes del parto y que se produce un descenso significativo el mismo día del parto. Las yeguas que paren con un pH bajo, tienen altos niveles de calcio y magnesio mientras que se da una inversión en la ratio sodio/potasio.

Un estudio realizado por **Korosue y cols. (2013)** para determinar si la medición del pH y la concentración de las secreciones de la glándula mamaria pueden estar relacionadas entre sí con el momento del parto, evidenció que, si la concentración de carbonato cálcico es superior a 400 µg/g y valores de pH inferiores o iguales a 6,4 el parto puede ocurrir en las próximas 72, 48 o 24 horas. Con una sensibilidad del 88,9% en el caso de la concentración de carbonato cálcico y del 96,3% en los valores de pH de que se produzca el parto en las próximas 24 horas (**Figura 16**). **Ley (1989)** afirma que, si la concentración de carbonato cálcico de la secreción mamaria de la yegua es inferior a 200 ppm, no se producirá el parto en las próximas 24 horas con una probabilidad del 99%.

Figura 16. Toma de muestras de secreción mamaria y medición del carbonato cálcico (**Korosue y cols. , 2013**)

Estos autores concluyen que realizar mediciones del pH tiene ventajas respecto a medir el nivel de carbonato cálcico con los kits comerciales ya que las tiras de pH no necesitan que la muestra sea diluida, tampoco se necesitan jeringuillas o pipetas y se requiere una pequeña cantidad de muestra (aproximadamente 0,5 ml). Además, el test se realiza rápidamente dando resultados casi inmediatos. En relación con este tema, **Diel de Amorim y cols. (2019)** demuestran que se dan diferencias entre las hembras de primer parto y las hembras multíparas. Las primíparas muestran una concentración menor de calcio y magnesio en las secreciones mamarias que las multíparas. En cambio, si se mide el pH de la secreción mamaria, no se observan diferencias.

Además de medir el pH y la concentración de iones y carbonato cálcico de la secreción mamaria para predecir el parto, se estudió si la medición de la densidad óptica de la misma puede resultar útil como método predictor. De esta manera, **Turner y cols. (2002)** observan que se produce un descenso de la densidad óptica conforme el parto se aproxima. Cuando el valor de densidad óptica cae por debajo de un 20%, se puede producir el parto en las próximas 48 horas con un 91% de probabilidad.

5.3 MÉTODOS BASADOS EN LA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA CORPORAL

Se ha observado que en la **vaca** se produce un descenso de la temperatura corporal el día previo al parto (**Aoki y cols., 2005**). Se cree que la adaptación metabólica y endocrina, así como los cambios de comportamiento contribuyen a este descenso. Existe una correlación existente entre la concentración de progesterona circulante y la temperatura corporal (**Birgel y cols., 1994**) quedando reflejada la actividad termogénica que posee la progesterona.

Streyl y cols. (2011) observaron que la temperatura corporal media tanto en vacas como en novillas desciende entre 0,3˚ y 0,5˚C en las 24 horas previas al parto. Este resultado es corroborado por **Burfeind y cols. (2011)** ya que descubren que la temperatura vaginal va descendiendo a partir del día 4 previo al parto obteniendo un descenso de 0,3˚C el día previo.

Ouellet y cols. (2016) estudiaron la importancia que puede tener realizar mediciones de la temperatura corporal de las vacas para poder predecir el momento del parto. Se midió la temperatura vaginal de las hembras cada minuto en los 7 días previos a la fecha prevista de parto. Observaron que una disminución mayor o igual a 0,3˚C era el mejor método para predecir el parto en las próximas 24 horas en comparación con el resto de parámetros medidos en el mismo estudio (disminución de la rumia, disminución del tiempo de descanso y disminución del número de veces que se levantan y se tumban). Sin embargo, si se combina la medición de la temperatura corporal con los otros tres parámetros, se obtiene una mejor predicción tanto a las 24, 12 como a las 6 horas previas al nacimiento. Sin embargo, **Saint-Dizier y Chastant-Maillard (2015)** consideran que la temperatura corporal, más que un método predictor, es un buen indicador de lo contrario, es decir, de ausencia de parto en las próximas 12-24 horas.

Si la caída en la temperatura es de más de 0,3˚C, la probabilidad de parto en 24 horas se incrementa hasta un 71% de sensibilidad y 87% de especificidad para la temperatura vaginal y un 69% de sensibilidad y 88% de especificidad para la temperatura rectal. Este hallazgo en condiciones de campo puede ser útil para evitar realizar supervisiones innecesarias (**Burfeind y cols., 2011**) (**Figuras 17, 18 y 19**).

Figura 17. Termómetro vaginal (https://sp.depositphotos.com/49126101/stock-photo-belgian-blue-cow-with-a.html)

Figura 18. Termómetro vaginal Humeco (http://www.humeco.net/producto/termometro-vaginal)

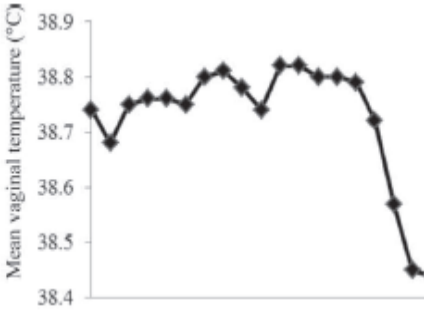

Figura 19. Caída de la temperatura vaginal (**Ouellet y cols., 2016**)

Se debe tener en cuenta que la temperatura rectal y vaginal muestra variaciones diurnas significativas. La temperatura más baja se da en la mañana y la más elevada al final de la tarde (**Aoki y cols., 2005; Burfeind y cols., 2011**). Por ello si se utiliza la temperatura corporal como método predictor debe ser registrada y controlada de manera continua mediante el uso de aparatos electrónicos.

Aunque sea un método práctico, los sensores vaginales pueden causar una leve inflamación de la vagina (**Ricci y cols., 2018**) y se pueden perder o dañar en el momento que la vaca pare el ternero. Por este motivo **Koyama y cols. (2018)** desarrollaron un sensor para medir la temperatura de la base ventral de la cola. Lo colocaron de 9 a 12 días antes de la fecha prevista de parto. Para evitar posibles variaciones en la temperatura debido a la estación del año, las mediciones se llevaron a cabo tanto en las estaciones cálidas como en las frías. Tanto en invierno como en verano, la temperatura de la base de la cola comienza a bajar aproximadamente 36 horas antes del parto. A las 18 horas previas, se mantiene constante y se produce una nueva caída 6 horas antes del parto como puede observarse en la **Figura 20**.

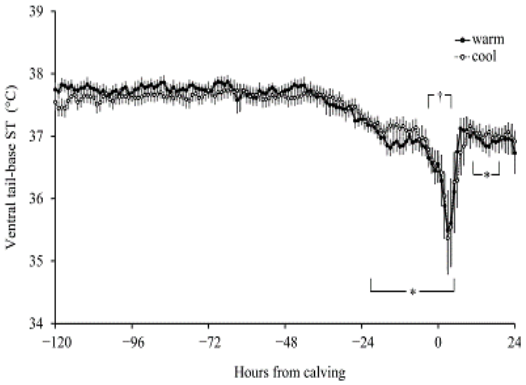

Figura 20. Caída en la temperatura de la base de la cola (**Koyama y cols., 2018**)

Este sensor puede resultar menos estresante para el animal y menos invasivo que un aparato vaginal además de que se reduce el riesgo de perderlo a la hora del parto (**Nogami y cols., 2014**). El descenso que se produce en la temperatura de la base de la cola es mayor que el que se observa en la temperatura vaginal ya que en la primera la caída es de 0,6˚- 0,9˚C 18 horas antes del parto y en la segunda de 0,4˚- 0,7˚C (**Burfeind y cols., 2011; Ouellet y cols., 2016**).

Del mismo modo que se produce un descenso en la temperatura rectal y vaginal, así como en la de la base de la cola, también se observa una caída significativa 1-2 días previos al parto en la temperatura ruminal (**Figura 21**) (**Cooper-Prado y cols., 2011**).

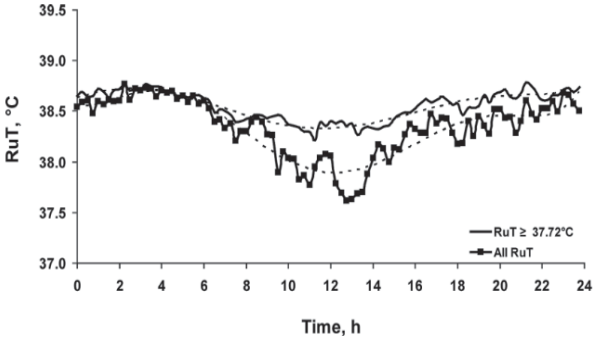

Figura 21. Caída en la temperatura ruminal (**Cooper-Prado y cols., 2011**)

Por ello se ha estudiado el uso de bolos ruminales capaces de transmitir la temperatura ruminal a un intervalo de tiempo programado sin verse afectados por el comportamiento del animal y su temperatura corporal. La temperatura desde el día 7 al 3 preparto se mantiene en 38,75˚C. Sin embargo, del día 2 al día 1 antes del parto se produce un descenso hasta los 38,55˚C (**Cooper-Prado y cols., 2011; Rose-Dye y cols., 2011**). **Costa y cols. (2016)** coinciden con los resultados del anterior estudio y concluyen que una caída de 0,2˚C o más en la temperatura ruminal es el mejor indicador de que se va a producir el parto en un periodo de 24 horas. Estos valores pueden ser más elevados en las vacas lecheras que las vacas de aptitud cárnica debido a una tasa de calor metabólico más elevado, ya que su ingesta nutricional es mayor (**Kadzere y cols., 2002; Robertshaw, 2004**) por ello la caída de la temperatura es menor que en las de aptitud cárnica.

Si se tiene como valor de referencia una caída en la temperatura de 0,2˚C, se obtiene un porcentaje considerable de falsos positivos. Aun así, el autor considera que es mejor que se den estos falsos positivos y tener vigiladas a las hembras a que se produzcan partos sin supervisión alguna.

En la **yegua** se ha estudiado la posibilidad de implantar de manera percutánea sensores térmicos (**Figura 22**) cuya medición de la temperatura corporal es más precisa que la obtenida a través de termómetros rectales. Gracias al uso de estos sensores, se pueden obtener datos sobre la temperatura de manera más segura, higiénica y rápida (**Goodwin, 1998; Robinson y cols., 2008**). Los autores hicieron un estudio donde se comparaban la variación de temperatura mediante dos tipos de sensores intradérmicos y termómetros digitales rectales para saber si podría utilizarse la temperatura corporal como un método predictor del parto. Con el primer tipo de sensor intradérmico (TermochroniButton DS1922L, MaximIntegratedProducts, Sunnyvale, CA, U.S.A.) se realizaron mediciones de la temperatura cada 15 minutos, mientras

Figura 22. Sensor intradérmico (http://www.implantable-device.com/2016/01/19/destron-fearing-bio-thermo-pet-id-temperature-sensor-implantable-tag/)

que con el segundo sensor (LifechipBio-Thermotemperature-sensing chip, Destron Fearing, Digital Angel Corporation, South St. Paul, MN, U.S.A.) y el termómetro digital rectal, se midió la temperatura 2 veces al día (06:00 y 07:00 am y 16:00 y 17:00 pm).

Los resultados obtenidos con el primer sensor térmico y el termómetro digital muestran que la temperatura corporal entre 15 y 2 horas antes del parto es más baja que la obtenida en los 5 días anteriores y que desde las 3 horas antes del parto, la temperatura va disminuyendo de forma progresiva como se observa en la **Figura 23**. Los resultados obtenidos con el segundo sensor son diferentes ya que únicamente registran una caída en la temperatura en la misma hora del parto y no encuentra diferencias 3 horas antes como hacen los dos otros aparatos. Igualmente se observó diferencias entre las temperaturas de la mañana y de la tarde; si la temperatura de la tarde es la misma o inferior que la obtenida en esa misma mañana, es probable que la yegua vaya a parir esa noche.

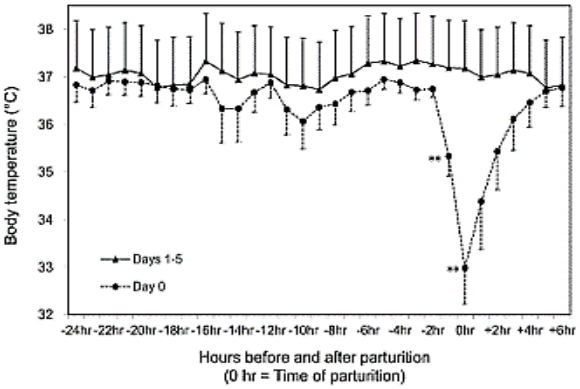

Figura 23. Caída de la temperatura corporal en yegua (**Korosue y cols., 2012**)

Si se decide utilizar este método, debería hacerse en combinación con otros signos de proximidad del parto ya mencionados como son el crecimiento de la glándula mamaria y la aparición de las candelas (**Korosue y cols., 2012**).

5.4 MÉTODOS BASADOS EN LA ACTIVIDAD RUMINAL

Es conocido que la rumia disminuye conforme se acerca la fecha de parto por lo que se han realizado varios estudios para comprobar si se puede utilizar como método predictor del parto (**Figura 24**). Algunos demuestran que la actividad ruminal desciende un 15% desde el día 2 al día 1 preparto y un 18% o más desde el día 1 preparto al día del parto. Además, queda demostrado que este descenso se produce independientemente del tipo de estabulación de las hembras por lo que se incrementa su probabilidad para ser empleado como método predictor (**Clark y cols., 2015**).

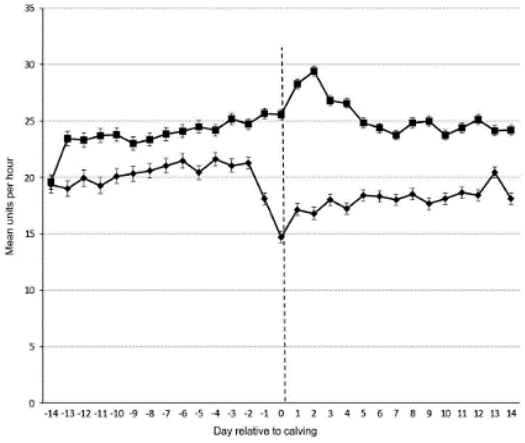

Figura 24. Caída de la actividad ruminal (**Clark y cols., 2015**)

Ouellet y cols. (2016) midieron la disminución de la actividad ruminal mediante un acelerómetro tridimensional (SensOor; AgisAutomatisering BV, Harmelen, theNetherlands) diseñado para ser colocado en el crotal del animal (**Figura 25**). Los datos fueron enviados a un ordenador a disposición del ganadero y los sensores fueron colocados 7 días previos a la fecha prevista de parto. No se observaron diferencias significativas hasta el día 4 previo al parto. El día previo, es en el que mayor descenso se observó, las vacas pasaban una media de 41 minutos menos rumiando que en comparación con los 4 días previos. Existe otro dispositivo en el mercado llamado "HR Tag" (SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel) (**Figura 26**) que colocado en el lado izquierdo del cuello mide la actividad ruminal en periodos de 2 horas gracias a un micrófono con microprocesador. Los resultados coinciden con los del anterior estudio ya que el máximo descenso en la duración de la rumia se da en las 8 horas previas al parto (**Borchers y cols., 2017**). Otro ejemplo es el uso del RumiWatch (ITIN+HOCH GmbH, Fütterungstechnik CH-4410 Liestal, Suiza) (**Figura 27**). Este consiste en una banda colocada alrededor de la mandíbula a modo de cabezada donde la banda nasal detecta las actividades relacionadas con la alimentación y un acelerómetro en una de las extremidades posteriores. Este sistema obtiene como resultado que 3 horas antes del parto tanto las novillas como las multíparas manifiestan un descenso en la rumia. Utilizando este aparato en combinación con otros métodos, se obtienen buenos resultados ya que permiten predecir el parto con 3 horas de antelación a nivel de campo. Hay que puntualizar que los resultados son más precisos en vacas multíparas que en novillas (**Mahmoud y cols., 2017**).

Figura 25. Crotal con dispositivo "SensOor".(https://www.melkvee.nl/artikel/74320-cowvision-gekoppeld-aan-sensoor/)

Figura 26. Dispositivo "HR tag" (http://www.nl.scrdairy.com/item/130-it-works-scr-s-rumination-tags.html)

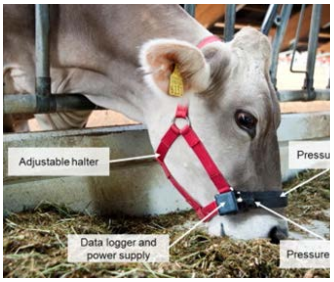

Figura 27. Cabezada con dispositivo "Rumiwatch" (**Mahmoud y cols., 2017**)

Se debe tener en cuenta que el porcentaje o grado de descenso que se obtiene no es el mismo en todos los estudios. De hecho, en el estudio realizado por **Clark y cols. (2015)** se obtuvo un descenso del 33% en el tiempo de rumia en los 2 días previos al parto mientras que en el estudio de **Borchers y cols. (2017)** el descenso es únicamente del 13%. Las diferencias en el ambiente y la alimentación podrían ser la causa de estas variaciones. Por ello, se considera que la medición de la variación de la actividad ruminal puede ser un buen método predictor del parto si se mide

en periodos de corta duración (**Mahmoud y cols., 2017**). Además, se ha descubierto que el descenso de la rumia está relacionado con cambios comportamentales típicos de las hembras parturientas (incremento del número de veces que se acuestan y se levantan, actividad general, etc). Los mayores valores registrados de estos comportamientos se producen en las 2 horas previas al parto de manera que coincide con el tiempo que la vaca deja de rumiar hasta que nace el ternero (**Pahl y cols., 2014**).

5.5 MÉTODOS BASADOS EN LOS CAMBIOS DE POSICIÓN DE LA HEMBRA

Conforme el momento del parto se aproxima, las hembras de todas las especies se muestran más inquietas. Este hecho se manifiesta con frecuentes cambios de posición, nerviosismo, reducción del tiempo de descanso, etc.

Para comprobar si este hecho puede ser utilizado para predecir el parto en el caso de la **vaca**, **Ouellet y cols. (2016)** llevaron a cabo una investigación utilizando un dispositivo que almacena los datos relativos a la posición de la hembra en cada minuto (OnsetPendant G data logger, OnsetComputerCorporation, Bourne, MA) (**Figura 28**) fijado con una banda adhesiva a la extremidad posterior derecha de la vaca. Se confirmó que el número de veces que la hembra se acuesta y se levanta comienza a incrementarse en los 3 días previos al parto observándose el máximo incremento en el mismo día del parto.

Figura 28. "Onset Pendant G" (https://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/ua-004-64)

Borchers y cols. (2017) muestran mediante el uso de un aparato llamado IceQube (**Figura 29**) (IceRobotics Ltd., South Queensferry, UnitedKingdom) colocado en la extremidad posterior izquierda que el tiempo de descanso desciende desde el día 14 hasta el día 2 antes del parto siendo mínimo en el día previo al parto. La duración del tiempo de descanso se incrementa sobrepasando los niveles basales en las 4 horas previas. Este cambio de comportamiento indica que a pesar de que el tiempo de descanso disminuye el día del parto, las hembras permanecen más tiempo echadas en las horas inminentes al mismo. Además, se observaron diferencias entre las vacas multíparas y las novillas: en las novillas se observa que el tiempo de descanso disminuye el día previo al parto mientras que las multíparas comienzan a mostrarse más inquietas y descansan menos 7 días antes del parto. Por esta razón, puede resultar interesante incluir en

Figura 29."IceQube" (https://www.agriculture-xprt.com/products/iceqube-sensor-for-commercial-dairy-farming-systems-354742)

este tipo de mediciones en número de partos de las hembras. A pesar de ello, no se observa diferencia en el tiempo previsto antes del parto (6 horas) entre novillas y multíparas mediante el uso de estos aparatos (**Titler y cols., 2015**).

Un dato curioso descrito por **Campler y cols. (2014)** es que según el suelo que tengan las vacas para parir el número de veces que se levantan y se acuestan puede variar. Si el suelo es de arena o cemento, se levantan más veces que si es un suelo de goma. Además, también pasan más tiempo tumbadas en suelo de arena que en los otros dos tipos, aunque tengan cama de paja ambos. Además de herramienta para predecir el parto, **Proudfoot y cols. (2009)** descubrieron que las vacas que van a tener un parto distócico, se muestran más inquietas y descansan menos en las 24 horas previas al parto en comparación con las que van a tener un parto eutócico.

Se debe tener en cuenta que en las explotaciones en las que llevan a las vacas a parir a otra zona de la explotación, si las trasladan en fase de dilatación, pasan menos tiempo descansando que si las llevan en fases previas (**Proudfoot y cols., 2013**).

En la **yegua**, también se han realizado estudios semejantes. **Bachmann y cols. (2014)** demuestran mediante un estudio realizado empleando podómetros y sensores de movimiento que las veces que la yegua se levanta y se tumba se ven incrementadas de manera significativa el día del parto haciéndose evidente este comportamiento justo antes de que comience la fase de expulsión. Por ello, no se recomienda utilizar este método ya que cuando el sensor avisa al responsable, la yegua está ya de parto. En este mismo estudio gracias al uso de un collar que detecta los movimientos del cuello y de la cabeza, se observó que, en las horas más próximas al parto, los movimientos se ven incrementados. Este hecho podría ser explicado por el comportamiento típico de cólico que muestra la hembra debido al dolor de manera que aumenta el número de veces que se gira y mira su abdomen (**Purohit, 2010; Christensen, 2011**). **Hartmann y cols. (2018)** también han estudiado los cambios de posición de las yeguas conforme se aproxima el parto mediante el uso de un acelerómetro (SmartBow) colocado en la cabezada (**Figura 30**). La mayor tasa de señales se obtuvo 120 minutos antes de que se iniciara el parto hasta el nacimiento del potro siendo máximo el incremento en los 30-20 minutos previos al parto.

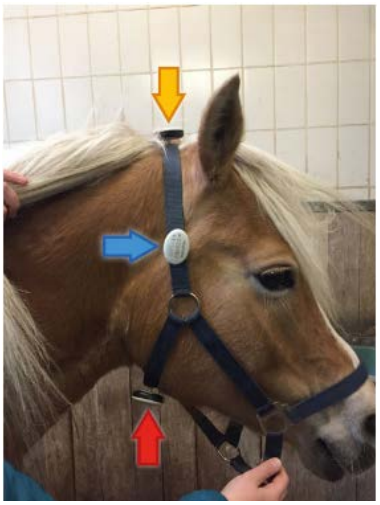

Figura 30. Sistema "SmartBow" (**Hartmann y cols.,2018**)

5.6 MÉTODOS BASADOS EN LA FRECUENCIA CARDÍACA

La frecuencia cardíaca y su variación dependen del nódulo sinoatrial o de Keith y Flack llamado comúnmente "marcapasos del corazón". Éste funciona por la acción del sistema nervioso autónomo y sus dos ramas, el sistema simpático y parasimpático. Una frecuencia cardíaca baja se da cuando predomina la actividad parasimpática o vagal, mientras que frecuencias elevadas son causadas por la actividad del simpático (**Hainsworth, 2008**). La frecuencia cardíaca y sus variaciones, son parámetros que permiten realizar mediciones no invasivas de la actividad del sistema nervioso autónomo. Por ello, se pueden utilizar como un método de predicción del parto ya que refleja el estrés que sufre la hembra en ese momento.

En un estudio realizado por **Kovács y cols. (2015)** para comprobar su utilidad en el caso de la **vaca**, se midió el intervalo R-R, cada 5 minutos en 3 periodos diferentes: entre 0 y 96 horas antes del inicio de los primeros signos de incomodidad preparto, durante el propio parto y 48 horas tras el parto (periodo postparto).

Los intervalos R-R fueron registrados usando un aparato llamado Polar Equine RS800 CX el cual está compuesto por dos electrodos integrados en un cinturón además de un transmisor. El cinturón se colocó alrededor del tórax, inmediatamente detrás de las patas delanteras. Las vacas fueron vigiladas por cámaras de vídeo instaladas en los boxes donde se alojaban.

La frecuencia cardíaca va incrementando progresivamente desde que la hembra se muestra inquieta, pero únicamente tras el inicio de la primera contracción abdominal se incrementa de manera significativa con respecto a los niveles basales (**Figura 31**).

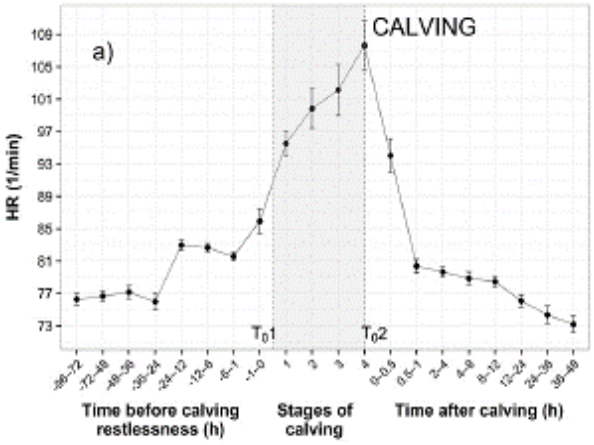

Figura 31. Incremento de la frecuencia cardíaca al comienzo de la fase de expulsión (**Kovács y cols., 2015**)

Estos hallazgos llevan a pensar que el bienestar o el estado de tranquilidad normal de las hembras puede verse alterado antes de que aparezcan signos de estrés visibles (**Von Borell, 2001**).

Como conclusión, se observa un descenso en la actividad parasimpática entre las 12 y 24 horas y 1 hora antes de que se den los primeros signos de inquietud. Entre 4 y 8 horas tras el parto, se observa la recuperación de la actividad normal del sistema nervioso autónomo (**Kovács y cols., 2015**).

Nagel y cols. (2011) estudiaron la validez que tiene la frecuencia cardíaca y sus variaciones en la **yegua** y en sus fetos para predecir el parto, mediante el uso de un electrocardiógrafo (Televet 100 system, Kruuse, Marslev, Dinamarca). Este sistema graba el latido cardíaco y el intervalo R-R mediante un software que separa el latido cardíaco del potro y el de la madre. La frecuencia cardíaca de la madre se va incrementando en las últimas 3 semanas antes del parto como puede observarse en la Figura 32. Este incremento se debe a que las necesidades del potro aumentan en este periodo y por ello el sistema cardiovascular de la yegua debe adaptarse a este cambio. Sin embargo, en el potro se obtienen resultados diferentes ya que, la frecuencia cardíaca disminuye conforme se aproxima la fecha de nacimiento reflejando el crecimiento y desarrollo del sistema cardiovascular del feto (**Adams-Brendemuehl y Pipers, 1987; Nagel y cols., 2010**).

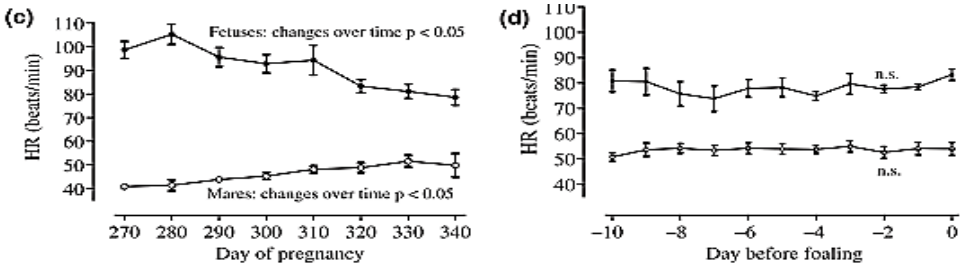

Figura 32. Cambios en la frecuencia cardíaca de la yegua y del potro (**Nagel y cols., 2011**)

En las horas previas al parto, la frecuencia cardíaca de la madre se incrementa, pero no se observan cambios en las horas más próximas al parto ni durante el mismo. Por este motivo, no se puede utilizar la frecuencia cardíaca como método predictor del parto en las etapas tempranas del mismo (**Von Borell y cols., 2007**).

La segunda fase del parto que en la yegua es corta en comparación con otras especies, se caracteriza por un estado de relajación y no se asocia, como se esperaría, con una respuesta de estrés. A pesar de que el parto se trata de un proceso estresante comparable con realizar ejercicio de elevada intensidad, en las yeguas se asocia con lo contrario (**Nagel y cols.,2011**).

5.7 MÉTODOS BASADOS EN EL USO DE PODÓMETROS

Debido a la inquietud y el estrés que padece la hembra en los momentos previos al parto, se incrementa el número de pasos o el tiempo que camina. **Miedema y cols. (2011)** afirman que el tiempo que la **vaca** pasa caminando se incrementa conforme se acerca la fecha de parto hasta las 24 horas previas. De la misma manera, **Jensen (2012)** observó un incremento en la actividad en las 6 horas previas al momento del parto. Los cambios de actividad que se producen antes del parto pueden ser monitorizados con podómetros y acelerómetros que son utilizados para predecir el celo (**Bachmann y cols., 2014; Saint-Dizier y Chastan-Maillard, 2015**).

Existe en el mercado un acelerómetro (IceTag 3D, IceRobotics) (**Figura 33**) que colocado en una de las extremidades posteriores puede detectar cambios significativos en la actividad de la vaca en las 6 horas previas al parto (**Jensen, 2012**). **Maltz y Antler (2007)** también realizaron investigaciones sobre el incremento del número de pasos y su valor como método predictor del parto. Mediante el uso de un sensor de actividad (S.A.E. AfimilkCompany) colocado en una de las extremidades es posible detectar cambios en el número de pasos comparando las mediciones del día previo al parto con las de los días previos. Con este método un 83% de los partos pueden ser detectados con 24 horas de antelación.

Figura 33. Acelerómetro "IceTag 3D" (**Juárez y cols., 2011**)

Bachmann y cols. (2014) estudiaron el uso de los podómetros para predecir el parto en las **yeguas**. Los podómetros tienen como ventaja que son aceptados por los animales, son fáciles de poner y permiten realizar mediciones de manera no invasiva (**Figura 34**). Se observó que se produce un incremento de la actividad general de las hembras y de los pasos 2 horas antes del parto en comparación con los días anteriores. Si la yegua se siente incómoda en su espacio es capaz de interrumpir el parto (**Wessel, 2005**) e incluso retrasarlo varios días (**Christensen, 2011**). Este hecho es uno de los principales inconvenientes de usar podómetros como método predictor del parto.

Figura 34. Podómetro (https://millthorpeequineresearchcentre.wordpress.com/using-pedometers-on-horses/)

5.8 MÉTODOS BASADOS EN EL CAMBIO DE MOVIMIENTO DE LA COLA

Antes del parto se producen cambios en el movimiento de la cola que pueden ser detectados y usados como método predictor. Se ha observado que 5 días antes del parto, las hembras elevan la cola tanto para orinar como para defecar de manera más frecuente y durante más tiempo que en los días anteriores (**Bueno y cols., 1981**). Cuando aparecen las contracciones uterinas, las hembras elevan la cola sin orinar ni defecar. Si se monitoriza este comportamiento de manera continuada se observa que la duración de la elevación de la cola se incrementa de manera s*ig*nificativa hasta las 2 horas previas al parto apareciendo antes en las novillas que en las vacas multíparas (2-4 horas frente a 2 horas previas) (**Miedema y cols., 2011; Barrier y cols., 2012; Gatien y cols., 2012; Jensen, 2012**).

Estos resultados confirman los obtenidos en otros estudios en los que se observa que en las 6 horas antes del parto, el número de elevaciones y la duración de las mismas se incrementan. Este comportamiento fue estudiado mediante el uso de un acelerómetro triaxial colocado en la cola de las vacas como el que se puede observar en la **Figura 35** (**Krieger y cols., 2018**).

Figura 35. Sensor de movimiento de la cola (https://www.amazon.com/MOOCALL-Calving-Texting-Pregnancy-Monitoring/dp/B01M0PS6VQ)

Mee y cols. (2019) han comprobado la utilidad de un nuevo biosensor colocado en la parte superior de la cola para predecir el parto. Fueron monitorizados 3 cambios comportamentales: la frecuencia de la elevación de la cola y su duración, el ángulo de la elevación y el número de veces que la hembra se acuesta y se levanta. Como resultado se obtuvo que cuando se produce una elevación prolongada de la cola (>35-45˚, > 20 segundos y 4 elevaciones en 60 minutos) ya sea sola o junto con un incremento del número de veces que la vaca se acuesta y se levanta, se estima que el parto se producirá en las próximas 4 horas.

En la **yegua** no se ha encontrado referencias bibliográficas para este método.

5.9 MÉTODOS BASADOS EN EL USO DE DISPOSITIVOS VAGINALES

Para ambas especies, existen en el mercado dispositivos vaginales que indican el inicio del parto. Se colocan en los labios dela vulva y constan de dos componentes que interactúan mediante un vínculo físico o electromagnético (**Figura 36**).

Figura 36. Dispositivo vaginal y sensor activado al inicio del parto (**Ruata y cols., 2015**)

Cuando la separación entre los labios de la vulva excede un valor límite, el vínculo entre los dos componentes se rompe o debilita y emite una alarma sonora, luminosa o de radio frecuencia que indica el comienzo del parto (**Ruata y cols., 2015**). En **vacuno** obtuvieron un 90% de detección correcta de los partos. El 10% fallido se debió al corte del hilo de sutura con el que se fija el dispositivo a los labios de la vulva. Otros dispositivos vaginales se introducen en la porción craneal de la vagina y se caen cuando comienza la fase de expulsión activándose en ese

momento un transmisor de radio que manda señales al móvil del responsable de los animales (**Figura 37**). Aproximadamente, 15 minutos tras la expulsión del dispositivo, aparecieron las pezuñas del ternero en el 68,9% de las hembras (**Palombi y cols., 2013**). Este sistema resultaría más ventajoso que el anterior ya que es más cómodo para la hembra y es más económico puesto que no es necesaria la visita del veterinario para colocar el dispositivo.

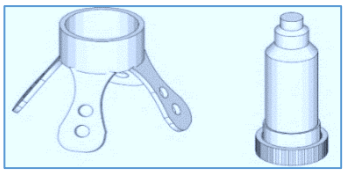

Figura 37. Dispositivo vaginal (**Palombi v cols.. 2013**)

En la **yegua** estos dispositivos son capaces de detectar el 84% de los partos (**Diel de Amorim y cols, 2019**). Los que se produjeron sin que se diera la señal se atribuyeron a baja señal del receptor o a problemas mecánicos semejantes al caso de la vaca. Por ello se recomienda que cuando se vaya a utilizar, se compruebe a diario que sigue correctamente colocado (**Figura 38**). El principal inconveniente de este método es que si se produce una distocia por mala presentación del potro puede darse que los labios de la vulva no se extiendan y por ello no se active la alarma de aviso (**Dascanio, 2014**).

Figura 38. Dispositivo vaginal (https://www.selectbreeders .com/articles/34)

6. CONCLUSIONES

Tras la realización de la revisión bibliográfica se puede concluir que:

- Controlar el momento del parto es esencial para poder anticiparse a los problemas que puedan suceder y tomar las mejores decisiones en cada situación además de evitar horas de trabajo innecesarias.
- Se han desarrollado numerosas opciones que permiten conocer con mayor o menor precisión cuándo se producirá el parto. A pesar de que algunas de ellas no podrían aplicarse a nivel de campo, existen otras que tienen elevada fiabilidad, resultan económicas y pueden aplicarse de rutina como sería en el caso de la vaca la medición objetiva de la relajación de los ligamentos sacro isquiáticos o la caída de la temperatura corporal y en el caso de la yegua la medición de la bajada del pH en la secreción mamaria.

CONCLUSIONS

After the realization of the bibliographic research it is concluded:

- It is essential to control the parturition moment to anticipate the problems that could happen and take the best decisions in every situation besides avoid unnecessary working hours.

- It has been developed so many options that allow to know with more or less accuracy when the parturition it is going to be. However, some of them cannot be used under field conditions but there are another with high reliability, that are inexpensive and can be used routinely like the objective measuring of the relaxation of the sacroisquiatic ligaments or the drop of the corporal temperature in the cow and in the measuring of the drop of the udder secretion pH in the mare.

7. VALORACIÓN PERSONAL

Realizar este trabajo me ha supuesto profundizar mis conocimientos sobre un tema que me resulta muy interesante y que considero muy útil para mi futuro desarrollo profesional. Poder aplicar alguno de los métodos descritos podría ser de gran ayuda ya que facilitaría la labor de los ganaderos y veterinarios.

Sin embargo, lo que he podido ir viendo por la zona donde vivo (Jaca, Huesca) es que en ninguna de las explotaciones que he visitado excepto una, que tienen detectores del movimiento de la cola, usan algún sistema para poder predecir el momento del parto. Quizás se debería explicar y proponerles el uso de alguno de estos métodos conociendo las condiciones de cada explotación y la forma de trabajar de cada ganadero comprobar si realmente les resultarían útiles y facilitarían su trabajo.

8. BIBLIOGRAFÍA

Adams-Brendemuehl C, Pipers FS. Antepartum evaluation of the equine fetus. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement.* 1987; (35): 565-573.

Allen E. Fertility and obstetrics in the horse*.* Ed. Wiley. 1996; 45.

Ammann T, Hässig M, Rüegg S, Bleul U. Effects of meteorological factors and the lunar cycle on the onset of parturition in cows. *Preventive Veterinary Medicine.* 2016; (126): 11-18.

Arthur, GH. *Veterinary reproduction and obstetrics.* Ed. Baillieretindale. 1975; 130-144.

Arthur GH, Noakes DE, Pearson H. *Reproducción y obstetricia en veterinaria.* Ed. McGraw-Hill Interamericana de España. 1991; (143): 156-161.

Aoki M, Kimura K, Suzuki O. Predicting time of parturition from changing vaginal temperatura measured by data-logging apparatur in beef cows with twin fetuses. *Animal Reproduction Science.* 2005; (86): 1-12.

Bachmann M, Wensch-dorendorf M, Hoffmann G, Steinhöfel I, Bothendorf S, Kemper N. Pedometers as supervision tools for mares in the prepartal period. *Applied Animal Behaviour Science*. 2014; (151): 51–60.

Barrier AC, Haskell MJ, Macrae AI, Dwyer CM. Parturition progress and behaviours in dairy cows with calving difficulty. *Applied Animal Behaviour Science*. 2012; (139): 209-217.

Berglund B, Philipsson J, Danell O. External signs of preparation for calving and course of parturition in Swedish dairy-cattle breeds. *Animal Reproduction Science.* 1987; (15): 61-79.

Bionaz M, Trevisi E, Calamari L, Librandi F, Ferrari A, Bertoni G. Plasma paraoxonase, health, inflammatory conditions, and liver function in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 2007; (4): 1740–1750.

Birgel E, Grunert E, Soares J. The preparatory phase of delivery in cattle, under consideration of the external signs of delivery and changes in progesterone to predicting the calving time. Deutsche Tierarztliche *Wochenschrift*. 1994;(9): 355-359.

Borchers MR, Chang YM, Proudfoot KL, Wadsworth BA, Stone AE, Bewley JM. Machine-learning-based calving prediction from activity, lying, and ruminating behaviors in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2017; (7): 5664–5674.

Brinsko S, Blanchard TL, Varner DD, Schumacher J, Love CC, Hinrichs K. Management of the pregnant mare. En: Manual of equine reproduction. Ed. Mosby Elsevier. 2011; 114-130.

Bueno L, Tainturier D, Ruckebusch Y. Detection of parturition in cow and mare by a useful warning system. *Theriogenology.* 1981; (16): 599-605.

Burfeind O, Suthar VS, Voigtsberger R, Bonk S, Heuwieser W. Validity of prepartum changes in vaginal and rectal temperature to predict calving in dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 2011; (94): 5053-5061.

Campler M, Munksgaard L, Jensen MB, Weary DM, Von Keyserlingk MAG. Short communication: Flooring preferences of dairy cows at calving. *American Dairy Science Association.* 2014; (97): 892-896.

Canisso IF, Ball BA, Troedsson MH, Silva ESM, Davolli GM. Decreasing pH of mammary gland secretions is associated with parturition and is correlated with electrolyte concentrations in prefoaling mares. *Veterinary Record.* 2013; (173): 218.

Cash RS, Ousey JC, Rossdale PD. Rapid strip test method to assist management of foaling mares. *Equine Veterinary Journal*. 1985; (17):61-62.

Christensen BW. Parturition. Equine Reproduction. Ed. McKinnon. 2011; 2267-2276.

Clark CEF, Lyons NA, Millapan L, Talukder S, Cronin GM, Kerrisk KL, Garcia SC. Rumination and activity levels as predictors of calving for dairy cows. *Animal*. 2015; (9): 691–695.

Cohn LA, McCaw DL, Tate DJ, Johnson JC. Assessment of fiveportable blood glucose meters, a point-of-care analyzer, and color test strips formeasuring blood glucose concentration in dogs*. Journal of the American VeterinaryMedical Association.* 2000; (2): 198-202.

Cooper-Prado MJ, Long NM, Wright EC, Goad CL, Wettemann RP. Relationship of ruminal temperature with parturition and estrus of beef cows. *Journal of Animal Science*. 2011; (89): 1020-1027.

Costa JBG, Ahola JK, Weller ZD, Peel RK, Whittier JC, Barcellos JOJ. Reticulo-rumen temperaturaas a predictor of calving time in primiparous and parous Holstein females. *Journal of Dairy Science*. 2016; (6): 4839–4850.

Csapo AI. Thefetus and birth.*Ciba foundation Symposium*47. Ed. Elsevier North Holland. 1977; (159). Amsterdam: Elsevier North Holland.

Dascanio JJ. Foaling Alert: vulva device. *Equine Reproductive Procedures*. 2014; (1): 259-261.

Diel de Amorim M, Montanholi Y, Morrison M, Lopez Rodriguez M, Card C. Comparison of Foaling Prediction Technologies in PeriparturientStandardbred Mares. *Journal of Equine Veterinary Science.* 2019; (77):86–92.

D'Orazio P, Burnett RW, Fogh-Andersen N, Jacobs E, Kuwa K, Külpmann WR, Larsson L, Lewenstam A, Maas AH, Mager G. Approved IFCC recommendation on reporting results for blood glucose (abbreviated). *Clinical Chemistry*. 2005; (9): 1573-1576.

Fazel A, Koutoubi Z, Sorg TB, Mehrotra B. Influence of simpletemperature on reflectance photometry and electrochemical glucometer measurements. *Diabetes Care*. 1996; (7): 771-774.

First NL. *Animal Reproduction Science*. 1980; (3): 215.

Gatien J, Le Broc M, Philipot J, Salvetti P. Behavioural changes during the 12 h before calving and predictors of dystocic delivery in Holstein cows. Proceeding of the 16th Annual Conference of the European Society for Domestic Animal Reproduction (ESDAR). <*Reproduction in Domestic Animals.* 2012; (47): 85.

Gautier JF, Bigard AX, Douce P, Duvallet A, Cathelineau G. Influence of simulated altitude on the performance of five blood glucose meters. *Diabetes Care.* 1996;(12): 1430-1433.

Gillete DD, Holm L. *American Journal Physiology.* 1963; (2014): 115.

González-Martín JV, Elvira L, Pérez N. *Guía de atención al parto de la vaca.* Ed. GrupoAsísBiomedia. 2017; 30-33.

Goodwin S. Comparison of body temperatures of goats, horses and sheep measured with a tympanic infrared thermometer an implantable microchip transponder and a rectal thermometer. *Contemporary Topics in Laboratory Animal Science.* 1998; (37): 51–55.

Hafez ESE, Hafez B. *Reproducción e inseminación artificial en animales.* ED. MacGraw Hill. 2000; 153.

Hainsworth R. Physiological background of heart rate variability. *Dynamic Electrocardiography*. 2008; 3-12.

Hartmann C, Lidauer L, Aurich J, Aurich C, Nagel C. Detection of the time of foaling by accelerometer technique in horses (Equuscaballus) a pilot study. *Reproduction in Domestic animals*. 2018; (00): 1–8.

Jacob S, Ramnath V, Philomina P, Raghunandhanan K, Kannan A. Assessment of physiological stress in periparturient cows and neonatal calves. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2001; (2): 233-238.

Jensen MB. Behaviour around the time of calving in dairy cows. *Applied Animal Behavioural Science*. 2012; (139):195–202.

Juárez J, Lammers P, Dewell R, Christianson M, Millman S. Grass finished beef pilot project: preliminary health, welfare and performance assessment. Western College of Veterinary Medicine. 2011; 11-13.

Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E. Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livestock Production Science*. 2002; (77):59–91.

Kirkpatrick J, Kincy V, Bancroft K, Shideler S, Lasley B. Oestrous cycle of the North American bison (Bison bison) characterized by urinary pregnanediol-3-glucuronide. *Journal of Reproduction and Fertility*. 1991; (2): 541-547.

Korosue K, Murase H, Sato F, Ishimaru M, Endo Y. Assessment for Predicting Parturition in Mares Based on Prepartum Temperature Changes Using a Digital Rectal Thermometer and Microchip Transponder Thermometry Device. *Journal Veterinary Medical Science.* 2012; (7):845-850.

Korosue K, Murase, Sato H, Ishimaru F, Kotoyori M, Tsujimura Y, Nambo K. Comparison of pH and refractometry index with calcium concentrations in preparturient mammary gland secretions of mares. *American Journal of Veterinary Research.* 2013; (74): 242-247.

Kornmatitsuk B, Königsson K, Kindahl H, Gustafsson H, Forsberg M, Madej A. Clinical signs and hormonal changes in dairy heifers after induction of parturition with prostaglandin F2α. *Journal of Veterinary Medicine, Series A. Physiology, Pathology, Clinical Medicine.* 2000; (47): 395-409.

Kovács L, Tozsér J, Kézér FL, Ruff F, Aubin-Wodala M, Albert E, Szenci O. Heart rate and heart rate variability in multiparous dairy cows with unassisted calvings in the periparturient period. *Physiology and Behavior*. 2015; (139): 281–289.

Koyama K, Koyama T, Sugimoto M, Kusakari N, Miura R, Yoshioka K, Hirako M. Prediction of calving time in Holstein dairy cows by monitoring the ventral tail base surface temperature. *Veterinary Journal*. 2018; (240): 1–5.

Krieger S, Sattlecker G, Kickinger F, Auer W, Drillich M, Iwersen M. Prediction of calving in dairy cows using a tail-mounted tri-axial accelerometer: A pilot study. *Biosystems Engineering*. 2018; (173):79–84.

Levine S, Hillman RB, Nathanielsz P. Comunicacion personal, 1982.

Ley WB, Hoffman JL, Meacham TN, Sullivan TL, Kiracofe RL, Wilson ML. Day time Management of the Mare: Pre-foaling mammary secretions testing. *Journal Equine Veterinary Science*. 1989; (444): 88-94.

Ley WB, Bowen JM, Purswell BJ. The sensitivity, specificity and predictive value of measuring calcium carbonate in mares prepartum mammary secretions. *Theriogenology.* 1993; (40):189-198.

Liggins GC. Premature delivery of foetal lambs infused with glucocorticoids. *Journal of Endocrinology*. 1969; (45): 515-523.

Liggins GC, Fairclough RJ, Grieves SA, Forster CS, Knox BS. En: *The fetus and birth*. Ciba Foundation Symposium. 1977; (47). Eds J. Knight and M. O'Connor, p5. Amsterdam: Elsevier North Holland.

Mahmoud F, Christopher B, Maher A, Jürg H, Alexander S, Adrian S, Gaby H. Prediction of calving time in dairy cattle. *Animal Reproduction Science*. 2017; (187): 37-46.

Maltz E, Antler A. A practical way to detect approaching calving of the dairy cow by a behavior sensor. *Precision Livestock Farming*. 2007; (205): 141-146.

Mansmann R, McAllister E, Protl R. Equine medicine and surgery. ED. Santa Barbara, American Veterinary Publications. 1982; 1346-1367.

Matsas DJ, Nebel RL, Pelzer KZ. Evaluation of an on-farm blood progesterone test for predicting the day of parturition in cattle. *Theriogenology*. 1992; (4):859-868.

McCue PM, Ferris RA. Parturition, dystocia and foal survival: A retrospective study of 1047 births. *Equine Veterinary Journal.* 2012; (44): 22-25.

Mee JF, English L, Murphy J. A novel tail-mounted calving sensor pilot study. *Reproduction in Domestic Animals.* 2019; (54): 96.

Miedema HM, Cockram MS, Dwyer CM, Macrae AI. Behavioural predictors of the start of normal and dystocic calving in dairy cows and heifers. *Applied Animal Behaviour Science*. 2011; (132): 14–19.

Miedema HM, Cockram MS, Dwyer CM, Macrae AI. Changes in the behaviour of dairy cows during the 24h before normal calving compared with behaviour during late pregnancy. *Applied Animal Behaviour Science*. 2011; (131): 8–14.

Nagel C, Aurich J, Aurich C. Determination of heart rate and heart rate variability in the equine fetus by continuous fetomaternal electrocardiography. *Theriogenology.* 2010; (73):973-983.

Nagel C, Aurich J, Aurich C. Heart rate and heart rate variability in the pregnant mare and its foetus. *Reproduction in Domestic Animals*. 2011; (46): 990-993.

Nagel C, Aurich J, Palm F, Aurich C. Heart rate and heart rate variability in pregnant warmblood and Shetland mares as well as their fetuses. *Animal Reproduction Science*. 2011; (127):183-7.

Neary M, Hepworth K. Parturition in Livestock. *Purdue Extension Animal Sciences.* 2005.

Neely D, Liu I, Hillman R. *Reproducción equina.* Ed. Hemisferio Sur. 1989; 156-159.

Noakes DE. *Fertilidad y obstetricia del ganado vacuno*. ED.Acribia. 1986; 43, 46-47.

Nogami H, Okada H, Miyamoto T, Maeda R, Itoh T. Wearable wireless temperature sensor nodes appressed to base of a calf's tail. *Sensors and Materials.* 2014; (26): 539–545.

Ouellet V, Vasseur E, Heuwieser W, Burfeind O, Maldague X, Charbonneau É. Evaluation of calving indicators measured by automated monitoring devices to predict the onset of calving in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 2016; (99): 1539-1548.

Ousey JC, Dudan F, Rossdale PD. Preliminary studies of mam- mary secretions in the mare to assess foetal readiness for birth. *Equine Veterinay Journal*. 1984; (16):259-263.

Ousey JC, Delclaux M, Rossdale PD. Evaluation of three strip tests for measuring electrolytes in mares' pre-partum mammary secretions and for predicting parturition. *Equine Veterinary Journal*. 1989; (21): 196-200

Ousey JC. Peripartal endocrinology in the mare and foetus. *Reproduction Domestic Animal.* 2004; (39): 222-231.

Pahl C, Hartung E, Grothmann A, Mahlkow-Nerge K, Haeussermann A. Rumiantion activity of dairy cows in the 24 hours before and after calving. *J. of Dairy Sciences.* 2014; (97): 6935-6941.

Palombi C, Paolucci M, Stradaioli G, Corubolo M, Pascolo PB, Monaci M. Evaluation of remote monitoring of parturition in dairy cattle as a new tool for calving management. *BMC Veterinary Research.* 2013; (9): 191

Peaker M, Rossdale PD, Forsyth IA. Changes in mammary development and composition of secretion during late pregnancy in the mare*. Journal of Reproduction and Fertility Supply.* 1979; (27):555–561.

Proudfoot KL, Huzzey JM, von Keyserlingk MA. The effect of dystocia on the dry matter intake and behavior of Holstein cows. *Journal of Dairy Sciences*. 2009; (92):4937-4944.

Proudfoot KL, Jensen MB, Heegaard PMH, Von Keyserlingk MAG. Effect of moving dairy cows at different stages of labour on behaviour during parturition. *Journal of Dairy Sciences.* 2013; (96): 1638-1646.

Purohit G. Parturition in domestic animals: a review. *Webmed Central Reproduction*. 2010; (1): 1-18.

Redondo JA. El parto en la yegua. *Extremadura PRE: la revista de la Asociación Extremeña de Criadores de Caballos de Pura Raza Españoles.* 2012; (13): 39-44.

Ricci A, Racioppi V, Iotti B, Bertero A, Reed KF, Pascottini OB, Vincenti L. Assessment of the temperature cut-off point by a commercial intravaginal device to predict parturition in Piedmontese beef cows. *Theriogenology.* 2018; (113): 27–33.

Roberts S. Veterinary obstetrics and genital diseases. Ed. Ann Arbor, E. Bros Inc. 1971; 201-334.

Robertshaw D. Physiology of Domestic Animals. ED. Cornell University Press. 2004; 962-973.

Robinson TR, Hussey SB, Hill AE, Heckendorf CC, Stricklin JB, Traub-Dargatz JL. Comparison of temperature readings from a percutaneous thermal sensing microchip with temperature readings from a digital rectal thermometer in equids. *Journal American Veterinary Medical Association.* 2008; (233): 613–617.

Rose-Dye T, Burciaga-Robles L, Krehbiel C, Step D, Fulton R, Confer A, Richards C. Rumen temperature change monitored with remote rumen temperature boluses after challenges with bovine viral diarrhea virus and Mannheimia haemolytica. *Journal of Animal Science.* 2011; (4): 1193-1200.

Rossdale P, Ricketts, S. Equine stud farm medicine. ED. Filadelfia, LEA & FEBIGER. 1980; 213-257

Ruata R, Taverna M, Galarza R, Walter E, Ghiano J. Alarma de partos en vacas. Un desarrollo nacional. INTA Ediciones (2015). ISSN en línea: 2314-3126 Año 3- Nº1

Rutter B. *Obstetricia y neonatología bovina: IV. Periodos del parto***.** https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/periodos-parto-t42346.htm. 2018. Visitado el 17/09/2019.

Shah KD, Nakao T, Kubota H. Plasma estrone sulphate (E1S) and estradiol-17β (E2β) profiles during pregnancy and their relationship with the relaxation of sacrosciatic ligament, and prediction of calving time in Holstein-Friesian cattle. *Animal Reproduction Science*. 2006; (95): 38-53.

Saint-Dizier M, Chastant-Maillard S. Towards an automated detection of oestrus in dairy cattle. *Reproduction in Domestic Animals.* 2015; (47): 1056-1061.

Schwalm J, Schultz L. Relationship of insulin concentration to blood metabolites in the dairy cow. *Journal of Dairy Science.* 1976; (59): 255-261.

Seren E, Tamanini C, Gaiani R, Bono G. Concentrations of progesterone, 17α-hydroxyprogesterone and 20α-dihydroprogesterone in the plasma of mares during pregnancy and at parturition. *Journal of Reproduction and Fertility.* 1981; (63): 443-448.

Streyl D, Sauter-Louis C, Braunert A, Lange D, Weber F, Zerbe H. Establishment of a standard operating procedure for predicting the time of calving in cattle. *Journal of Veterinary Science*, 2011; (12): 177–186.

Tang Z, Lee JH, Louie RF, Kost GJ. Effects of different hematocrit levels on glucose measurements with handheld meters for point-of-care testing. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*. 2000; (8): 1135-1140.

Thorburn GD. The placenta, prostaglandins and parturition: a review. *Reproduction Fertility Devices.* 1991; (3) 227.

Titler M, Maquivar MG, Bas S, Rajala-Schultz P, Gordon E, McCullough K, Federico P, Schuenemann GM. Prediction of parturition in Holstein dairy cattle using electronic data loggers. *Journal of Dairy Sciences.* 2015; (98): 5304-5312.

Turner JL, Todd LD, Arns MJ, Higgins JJ, Minton JE. Use of optical density of mammary secretions to predict parturition in mares. *The profesional Animal Scientist*. 2002; (18): 312-315.

Von Borell E. The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment. *Journal Animal Science.* 2001; (260): 7.

Von Borell E, Langbein J, Després G, Hansen S, Leterrier C, Marchant-Forde J. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals - a review. *Physiology Behaviour.* 2007; (92):293–316.

Wessel M. Staging and prediction of parturition in the mare. *Clinical Techniques in Equine Practice*. 2005; (3): 219–227.

Recursos electrónicos

http://reproduccionbovina-mgrg.blogspot.com/p/parto-puerperio.htm

https://zoovetesmipasion.com/ganaderia/reproduccion-bovina/parto-de-la vaca/#primera_etapa_del_parto_de_la_vaca

https://www.studocu.com/es/document/universidad-austral-de-chile/ginecologia-y-obstetricia/apuntes/gestacion-y-parto-normal-en-la-yegua/4474678/view

https://zoovetesmipasion.com/ganaderia/reproduccion-bovina/parto-de-la-vaca/#segunda_etapa_del_parto_de_vaca_expulsion_del_feto

https://zoovetesmipasion.com/ganaderia/reproduccion-bovina/parto-de-la-vaca/#tercera_etapa_del_parto_de_vaca_expulsion_de_las_membranas_fetales

http://lan.inea.org:8010/web/zootecnia/Zootecnia/Parto_vaca.htm

https://www.st-hippolyt.es/noticias/algunas-senales-que-indican-que-tu-yegua-esta-a-punto-de-parir-b8

https://www.ribasmedicina.com/producto/kit-glucometro-eks-0501/

https://www.pbsanimalhealth.com/products/predict-a-foal

https://sp.depositphotos.com/49126101/stock-photo-belgian-blue-cow-with-a.html

http://www.humeco.net/producto/termometro-vaginal

http://www.implantable-device.com/2016/01/19/destron-fearing-bio-thermo-pet-id-temperature-sensor-implantable-tag/

https://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/ua-004-64

https://www.agriculture-xprt.com/products/icequbе-sensor-for-commercial-dairy-farming-systems-354742

https://millthorpeequineresearchcentre.wordpress.com/using-pedometers-on-horses/

https://www.amazon.com/MOOCALL-Calving-Texting-Pregnancy-Monitoring/dp/B01M0PS6VQ