

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**GLICEMIA Y CORTISOLEMIA Y SU RELACIÓN CON EL MOMENTO DEL PARTO EN  
BOVINOS DE RAZA HOLANDO**

**Por**

Andrés MAIORANA

TESIS DE GRADO presentada como uno de los  
requisitos para obtener el título  
de Doctor en Ciencias Veterinarias  
Orientación: Producción Animal, Bloque Rumiantes

MODALIDAD: Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**2012**

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa: Dr. José Eduardo Blanc \_\_\_\_\_

Segundo miembro (Tutor): Dr. Daniel Cavestany \_\_\_\_\_

Tercer miembro: Dr. Marcelo Rodriguez \_\_\_\_\_

Fecha: 22 de noviembre de 2012

Autor: Br. Andrés Maiorana \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMIENTOS**

A toda mi familia y amigos por su apoyo y presencia permanente.

A Daniel Cavestany por su guía en la elaboración del presente trabajo.

Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), por la oportunidad de realizar el ensayo en sus instalaciones.

A todo el personal de la unidad de lechería de INIA “La Estanzuela” por su colaboración.

A Marcelo Pla por su ayuda constante en la actividad de campo.

A todo el personal de la biblioteca de Facultad de Veterinaria por su colaboración.

A Ana Meikle por su trabajo de laboratorio.

## TABLA DE CONTENIDOS

	<b>Pag</b>
PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
SUMMARY	8
INTRODUCCIÓN	9
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
LECHERÍA COMERCIAL EN URUGUAY	10
Lechería a nivel económico y social	10
Características productivas del sector	10
CICLO ESTRAL Y METAS REPRODUCTIVAS EN LECHERÍA	10
Ciclo estral en la vaca	10
Metas reproductivas en establecimientos lecheros	12
FISIOLOGÍA DE LA GESTACIÓN EN EL BOVINO	12
Fecundación y reconocimiento materno de la preñez	12
Mantenimiento de la gestación	14
FISIOLOGÍA DEL PARTO EN EL BOVINO	15
Función del feto	15
Maduración fetal	16
Mecanismos maternos	16
Endocrinología del parto	19
Fases del parto	22
MÉTODOS DE CONTROL ARTIFICIAL DEL PARTO	25
Métodos farmacológicos	25
Métodos de manejo	28
Importancia del control del parto	30
COMPORTAMIENTO BOVINO: HORA DE ALIMENTACIÓN	30
Ritmo fisiológico de alimentación en el bovino	31
Variaciones según la frecuencia de alimentación	32
REGULACIÓN DE LA GLICEMIA Y SUS VARIACIONES	32
Papel de la glucosa en el organismo	32
Regulación fisiológica de la glicemia	32
CORTISOLEMIA Y FACTORES QUE LA AFECTAN	34
Funciones del cortisol en el organismo	34
Ritmo circadiano de secreción de cortisol en el bovino	35
Regulación de la cortisolemia	35
GLICEMIA Y CORTISOLEMIA EN RELACIÓN AL PARTO	36
HIPÓTESIS	36
OBJETIVOS	36
Objetivo general	36
Objetivos particulares	36

MATERIALES Y MÉTODOS	37
Localización	37
Animales	37
Metodología de trabajo	37
Etapa de laboratorio	38
Análisis estadístico	38
RESULTADOS	39
DISCUSIÓN	42
CONCLUSIONES	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

## LISTA DE FIGURAS

<b>Título</b>	<b>Pag</b>
<b>Figura 1.</b> Niveles de Cortisol sanguíneo según el día de toma de muestra en relación al parto (día 0)	39
<b>Figura 2.</b> Glicemia según el día de toma de muestra en relación al parto (día 0)	40
<b>Figura 3.</b> Cortisolemia según la hora de extracción	40
<b>Figura 4.</b> Glicemia según la hora de extracción	41

## RESUMEN

En vacas de leche el parto normalmente ocurre a lo largo del día. Cuando éste se produce durante las horas de luz natural, se da una oportunidad para que el parto se asista de forma correcta, esto posibilita reducir la pérdida de animales debido a distocia severa. Con el objetivo de determinar si existe influencia las concentraciones sanguíneas de glucosa y cortisol con el momento del día en que se produce el parto se utilizaron 13 vacas Holando, con gestación a término. Los animales se ubicaron en un corral con escasa disponibilidad de forraje, con acceso a heno *ad libitum* la suplementación consistió en la administración de silo de pradera a las 9:00 a.m. Se extrajo sangre en 3 momentos, 8:30 a.m., 11:00 a.m. y 16:00 p.m.. Las muestras se tomaron en duplicado, una para evaluar glicemia y otra para cortisolemia. Para el análisis de los datos, se consideró como día cero el día en que se produjo el parto; se utilizaron los datos de los 4 días previos al parto. No se observó influencia de la hora en la cortisolemia y glicemia. Se observó una variación en estos parámetros en función del día previo al parto. En base a estos resultados, no se profundizó en el análisis de la hora en que se daban los partos, ya que no hay patrones de cortisolemia y glicemia que puedan relacionarse. Podemos concluir que, bajo las condiciones en que se realizó el ensayo ni la glicemia ni la cortisolemia son factores que determinan la hora en que se produce el parto.

## **SUMMARY**

Dairy cows calving usually occur throughout the day thus assistance is possible and as a consequence there is a reduction in calves losses due to dystocia. We used thirteen Holstein full term gestation cows to determine glucose and cortisol blood concentrations and their relationship with the time of the day in which calvings occur. Animals were placed in a pen with low forage availability and access to hay ad libitum the feed consisted of grass silage at 9:00 am. Blood was collected in 3 times: 8: 30 a.m.; 11: 00 am and 16: 00 pm. The samples were taken in duplicate, one to assess blood glucose and another for cortisolemia. For data analysis calving day was considered as zero day; we used the information corresponding to the four days before the calving. There was no influence of time on cortisol and glycemia levels. There was a variation in these parameters the day before the birth. Based on these results no further parturition time analysis was performed since cortisol and glucose patterns cannot relate. We conclude that under conditions in which the trial was carried out glycemia or cortisolemia are not factors that determine the time at which delivery occurs.

## INTRODUCCIÓN

En vacas de leche el parto normalmente ocurre a lo largo del día (Edwards, 1979; Yarney et al., 1982). Cuando éste se produce durante las horas de luz natural, se da una oportunidad para que el parto se asista de forma correcta, esto posibilita reducir la pérdida de animales debido a distocia severa (Pennington et al., 1985), tanto por sus consecuencias para el ternero como para la vaca.

Múltiples experiencias se han realizado analizando la influencia de la hora de alimentación en el momento del día en que se produce el parto en el bovino, tanto en vacas lecheras como de aptitud carnicera. La mayoría de éstas sugieren que al alimentar al ganado en la tarde-noche da como resultado mayor cantidad de partos diurnos (Blanc et al., 2010; Gleeson et al., 2007; Lowman et al., 1981; Yarney et al., 1979), existiendo también trabajos que no encontraron influencia de la hora de alimentación en la hora del parto (Pennington et al., 1985).

Los mecanismos fisiológicos que reducen los partos nocturnos al alimentar al ganado por la tarde-noche no se conocen. Cambios en la conducta postural, en la presión intra-ruminal y alteraciones en los perfiles de prostaglandinas uterinas han sido propuestos. Por ejemplo, la frecuencia de las contracciones ruminales disminuye en las horas previas al parto (Gleeson et al., 2007). Se ha demostrado que la frecuencia de contracciones miométricas no es uniforme durante las 24 horas del día, pero son significativamente más bajas mientras las vacas están de pie y cuando se están alimentando (Taverne et al., 2002).

En busca de algún determinante metabólico de este mecanismo de control del parto se realiza esta experiencia, analizando glicemia y cortisolemia. Esta experiencia constituye un punto de partida para investigar este mecanismo fisiológico que permita comprender y/o mejorar el control del parto en el bovino.

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **LECHERÍA COMERCIAL EN URUGUAY**

#### **Lechería a nivel económico y social**

El rubro agropecuario representó entre el 8,0% y el 10,7 % del PBI total entre los años 2003 y 2010. La producción pecuaria representa el 46,4% del PBI agropecuario total, ocupando un 47,3% la agricultura y un 6,3% la silvicultura (periodo 2005-2009). El rubro lechería representó entre el 17% y el 20% de la producción pecuaria nivel nacional, lo que equivale al 9%-10% de la producción agropecuaria total (periodo 2005-2010) (DIEA, 2011).

En el sector lechero se encuentran 4519 establecimientos, con un promedio de 4,2 trabajadores permanentes por explotación, lo que implica 19000 trabajadores aproximadamente; el 50% de la mano de obra es familiar, factor que varía mucho según el tamaño de las explotaciones (DIEA, 2011).

#### **Características productivas del sector**

En cuanto a la distribución de los establecimientos el 8,1% de los éstos se dedica a la lechería (considerando el nº de explotaciones) y con respecto a la superficie el 4,5% es utilizada para el sector lechero (DIEA, 2011).

En Uruguay la producción de leche comercial se encuentra en torno a los 1700 millones de litros anuales, de los cuales 1550 millones son remitidos a las plantas industriales. La superficie total dedicada a la lechería se ubica en las 850 mil hectáreas, con 760 mil cabezas. En la última década la producción en litros/VM/año osciló entre 3200 y 4200; y la producción por unidad de superficie entre 1900 y 2300 litros/hectárea/año (DIEA, 2011).

### **CICLO ESTRAL Y METAS REPRODUCTIVAS EN LECHERÍA**

#### **Ciclo estral en la vaca**

El ciclo estral es el tipo de ciclo reproductor que se produce en todos los mamíferos a excepción de los primates. El síntoma más característico de este ciclo reproductor es la manifestación, por parte de las hembras, de períodos de tiempo limitados, pero regulares de receptividad sexual, que se conocen con el nombre de estro. El ciclo estral se define como el período de tiempo comprendido desde la aparición de un estro hasta el comienzo del siguiente, o bien, el intervalo de tiempo ocurrido entre dos ovulaciones (Labadía, 1995).

En el bovino el ciclo estral tiene una duración media de 21 días, siendo el rango normal de 18 a 24 días. La duración media del celo es de 15 horas, aunque el rango está comprendido entre 2 y 30 horas. La ovulación es espontánea y tiene lugar normalmente doce horas después del final del celo (Arthur, et al., 1991). La hembra bovina es poliéstrica no estacional, por lo cual los ciclos se repiten sucesivamente en el animal no preñado durante todo el año (Ungerfeld, 2002).

El ciclo estral resulta de la coordinación fundamentalmente de cuatro órganos (cerebro, hipófisis, ovarios y útero), los cuales se comunican fundamentalmente a través de hormonas. Las principales hormonas involucradas son la hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH), secretada por el hipotálamo; la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH) secretadas por la hipófisis; el estradiol, la inhibina y la progesterona, de origen ovárico; y la PGF<sub>2</sub> $\alpha$ , secretada por el útero (Ungerfeld, 2002).

El ciclo estral en el bovino consta de 4 fases que describen las diferentes etapas de la actividad cíclica del ovario. Se denomina estro al periodo de receptividad sexual, al final del cual se produce la ovulación (en la vaca la ovulación se produce 10 a 12 h luego de finalizado el estro); el metaestro es el periodo de desarrollo inicial del cuerpo lúteo que comienza al final del estro. El diestro es el periodo de actividad del cuerpo lúteo maduro que comienza 4 días después de la ovulación y finaliza con la luteólisis. Por último el proestro es el periodo de crecimiento folicular que se inicia con la regresión del cuerpo lúteo y culmina con la aparición del estro (Labadía, 1995).

La división del ciclo estral también se puede realizar en base a la actividad ovárica, quedando reducido a 2 fases: fase folicular y fase luteal. En la fase folicular predominan en el ovario folículos en crecimiento; siendo notorio el cuerpo

lúteo en la fase luteal. La fase folicular incluye las fases de proestro y estro de la división clásica, mientras que la fase luteal incluiría las fases de metaestro y diestro. En la vaca se puede determinar con bastante exactitud la fase en que se encuentra el ovario mediante palpación rectal y/o ultrasonografía (Labadía, 1995).

### **Metas reproductivas en establecimientos lecheros**

Todo establecimiento de lechería comercial debe plantearse como objetivo fundamental poseer una alta eficiencia reproductiva, entendiéndose la misma como lograr el mayor número de animales preñados en el menor tiempo posible. Para evaluar la eficiencia reproductiva se han diseñado una serie de parámetros. Para llevar a cabo una estimación de la eficiencia reproductiva de un establecimiento es imprescindible el llevar registros adecuados, teniendo como mínimo la identificación de cada animal, edad al parto y número de lactancia, fecha de parto, registro de todos los celos, fecha de servicio, fecha de diagnóstico de gestación (Cavestany, 2000). Las metas a plantearnos son las siguientes: intervalo parto-primer celo menor a 45 días, parto-primer servicio menor a 60 días, parto-concepción menor a 100 días, intervalo entre partos menor a 380 días, menos de 2 servicios por concepción, entre 45 y 55 % de concepción al primer servicio, un 88 % de preñez general y un porcentaje de refugos por reproducción entre 8 y 12 % (Cavestany, 2000).

### **FISIOLOGÍA DE LA GESTACIÓN EN EL BOVINO**

La gestación es un proceso fisiológico caracterizado por una serie de cambios en la hembra, físicos, metabólicos y hormonales, que culminan con el nacimiento de un nuevo individuo (Coy Fuster, 1995).

#### **Fecundación y reconocimiento materno de la preñez**

La fecundación constituye la unión de la célula reproductora masculina con la femenina para dar origen a un nuevo ser (RAE, 2009).

Cuando el folículo está a punto de romperse, la zona fimbriada del oviducto se aproxima a él y, en la ovulación, el líquido folicular y el ovocito son eliminados hacia el oviducto. Si la hembra ha sido cubierta durante el celo entonces los espermatozoides esperan al ovocito en la parte superior del oviducto. Aunque sólo se necesita el núcleo de un espermatozoide para fecundar el ovocito, se ha estimado que aproximadamente un millón de espermatozoides son necesarios para crear un ambiente adecuado para la fecundación. Después de la fecundación, comienza la división del cigoto y, como resultado de las contracciones peristálticas y de las corrientes ciliares en el oviducto, el embrión será transportado hacia el útero; en la vaca alcanza el útero en 3-4 días (Arthur, 1991).

En el momento apropiado el embrión debe enviar señales para indicar su presencia en el organismo materno. Esta señal es necesaria para el mantenimiento del cuerpo lúteo y la producción de progesterona, y la continuación del desarrollo endometrial y su actividad secretoria. Este periodo crítico en que el conceptus debe señalar su presencia para el establecimiento de la preñez es llamado “reconocimiento materno de la preñez”. Si el embrión no indica su presencia en el momento exacto el funcionamiento del cuerpo lúteo cesa debido a la acción luteolítica de la  $PGF2\alpha$  procedente del útero, iniciándose un nuevo ciclo estral (Silva, et al., 2002).

En la vaca el reconocimiento materno de la preñez ocurre entre los días 16 y 19. El embrión bovino produce varias proteínas entre las que se incluye el interferón tau ( $IFN-\tau$ ). Se sugiere que el  $IFN-\tau$  inhibe la síntesis de receptores endometriales para la oxitocina y, por lo tanto impide la producción uterina de  $PGF2\alpha$ . Además el endometrio gestante bovino produce un inhibidor endometrial de la PG sintetasa que reduce específicamente la producción de  $PGF2\alpha$ . Los embriones bovinos también producen  $PGE2$  la cual es posible que tenga una función protectora del cuerpo lúteo (Silva, et al., 2002).

La placenta en los rumiantes se agrupa en numerosas áreas circunscritas, esta disposición se denomina cotiledonaria, como al producirse el parto no se desprende tejido maternal se denomina indecidual y, en cuanto al grado de proximidad de la circulación materna y fetal los rumiantes poseen una placenta de

tipo sindesmocorial en la cual el trofoblasto contacta con el tejido conectivo del endometrio (Arthur, 1991). La placenta lleva a cabo su función endocrina mediante la producción de hormonas: estrógenos, progesterona y lactógeno placentario (Coy Fuster, 1995). Los estrógenos favorecen el crecimiento del útero, de las mamas, del tejido glandular y de los genitales externos femeninos, relajan los ligamentos pélvicos para facilitar el parto, e influyen en la velocidad de reproducción de las células del embrión favoreciendo el desarrollo del feto. La progesterona, favorece la producción de leche uterina para nutrir el embrión así como la de las secreciones oviductales, impide que las contracciones uterinas provoquen el aborto espontáneo y prepara las mamas para la lactancia. El lactógeno placentario parece tener un papel importante en el desarrollo de las mamas y producción de leche, etc., con lo que se puede decir que es una hormona metabólica general (Coy Fuster, 1995).

### **Mantenimiento de la gestación**

Todos los procesos estudiados relacionados con la gestación, tanto en lo que se refiere al desarrollo del nuevo ser como en lo referente a la fisiología de la madre, están regulados por el sistema endocrino (Coy Fuster, 1995).

La hormona de la gestación por excelencia es la progesterona y sin ella es imposible que llegue a buen término el proceso. La principal fuente de progesterona es el cuerpo lúteo. En la vaca, hasta el día 200 de gestación el cuerpo lúteo es la fuente primaria de progesterona, pero a partir de este momento la gestación puede llegar a buen término con la progesterona producida a otros niveles. La curva de progesterona es similar en todas las especies domésticas, menos la yegua; básicamente comienza a ascender durante los días siguientes a la ovulación hasta alcanzar un nivel máximo, se mantiene a lo largo de toda la gestación, describiendo por lo tanto una meseta y desciende bruscamente pocos días antes del parto (Coy Fuster, 1995).

Los niveles de estrógenos van aumentando lentamente a lo largo de la gestación y se elevan bruscamente justo antes del parto. Los altos niveles de estrógenos y progesterona inhiben, en general, la producción de gonadotrofinas hipofisarias,

por lo que los niveles de FSH y LH son muy bajos durante la gestación (Coy Fuster, 1995).

La relaxina es una hormona que aumenta progresivamente durante la gestación, y que actúa cooperando con la progesterona en el mantenimiento de la misma y previniendo las contracciones espontáneas del útero. Tanto esta hormona como la PGF<sub>2</sub> $\alpha$  y la prolactina aumentan en el momento del parto, pues es cuando su función adquiere importancia (Coy Fuster, 1995).

## **FISIOLOGÍA DEL PARTO EN EL BOVINO**

El parto se puede definir como “la terminación fisiológica de la gestación mediante la expulsión de uno o varios fetos maduros por vías naturales”. El término de la gestación debe producirse en un momento preciso para cada especie que coincide con dos hechos: la completa madurez del feto para adaptarse a la vida extrauterina, y el declinar de la placenta, que por ser un órgano de vida breve, comienza a ser insuficiente. El comienzo del parto es un fenómeno oportuno y previsto. Este hecho va a motivar durante la última parte de la gestación una serie de adaptaciones en el organismo materno, que se caracterizan principalmente por la relajación de la sínfisis del pubis, el cuello uterino, tejidos pélvicos y ligamentos. Todo este conjunto de fenómenos complejos que acompañan e inician el parto están determinados por la conjunción de una serie de factores variados, entre los que se encuentran diversos mecanismos fetales y maternos (García Sacristán, 1995).

### **Función del feto**

Se ha podido comprobar cómo la concentración plasmática de corticoesteroides aumenta antes del parto, tanto en el feto como en la madre, aunque es mucho más manifiesta en el feto (García Sacristán, 1995; Kindahl et al., 2004; Taverne et al., 2002). El feto ejerce un control esencial de la duración de la gestación y la madre puede influir en el momento del parto sólo dentro de unos límites muy estrechos (Arthur, 1991). Se ha observado que los niveles de progesterona en el

plasma disminuyen antes del parto, lo que elimina el mecanismo de bloqueo en el miometrio. Los estímulos para este cambio dependen, inicialmente, de una elevación de los niveles de cortisol secretado por las adrenales fetales, debido a la liberación de ACTH fetal (Kindahl et al., 2004; Taverne et al., 2002; Arthur, 1991). Se ha postulado que refleja la respuesta del feto a un estímulo estresante que actúa vía el hipotálamo fetal. El estímulo puede deberse a que el feto crece más de la capacidad de la placenta para proporcionar los nutrientes adecuados o asegurar un intercambio gaseoso adecuado (Arthur, 1991). La elevación del cortisol fetal estimula la conversión de los derivados placentarios de la progesterona en estrógenos mediante la activación de la enzima placentaria 17- $\alpha$  hidroxilasa (Arthur, 1991; Kindahl et al., 2004).

### **Maduración fetal**

Los cambios endocrinos fetales que ocurren en la última fase de la gestación no sólo inician el parto sino que también estimulan un conjunto de cambios de maduración que capacitan al animal recién nacido para sobrevivir en el medio externo. La conexión entre el parto y maduración del feto parece estar relacionada con el cortex adrenal y la elevación preparto del cortisol fetal (Arthur, 1991).

El mantenimiento de la homeostasis de la glucosa inmediatamente después del parto, cuando el recién nacido pierda su fuente placentaria de glucosa, depende de unas reservas adecuadas de glucógeno hepático. Las reservas del glucógeno sólo son suficientes para proporcionar energía durante la fase en que la glucosa no es proporcionada por los alimentos (Arthur, 1991).

La médula adrenal fetal muestra también indicios de cambios de maduración en los que su capacidad para producir catecolaminas, especialmente adrenalina, está aumentada como respuesta a la hipoxia. Hay pruebas de que la adrenalina, junto con la ACTH y el cortisol, estimula la maduración pulmonar, capacitando así a los pulmones para ejercer su función respiratoria normal (Arthur, 1991).

### **Mecanismos maternos**

Durante la gestación el miometrio se relaja y se acomoda al desarrollo del producto de la concepción, mientras que al final de la gestación proporciona contracciones tónicas-rítmicas del parto, facilitando la expulsión del contenido

uterino (Garcia Sacristán, 1995). De todas formas cabe recordar que el útero no está quiescente completamente durante la gestación, ya que presenta contracciones de larga duración (algunos minutos) y baja frecuencia (menos de 3 por hora) (Taverne et al., 2002). Muchos de los acontecimientos miométriales de la gestación y el parto responden a la relación entre estrógenos y progesterona circulante. La función del cuello uterino es también importante en la gestación y en el parto. Durante la gestación, el cérvix es duro y sostiene firmemente el contenido uterino. Unos días antes del parto comienzan los procesos bioquímicos de maduración cervical, junto con otros procesos miométriales hasta que el tejido cervical se dilata completamente en el momento del parto (Garcia Sacristán, 1995).

El miometrio está compuesto de células musculares lisas embebidas en tejido conectivo. Las células musculares no se encuentran aisladas, sino que se comunican unas con otras por medio de “uniones de hendidura” o “uniones gap”. Al final de la gestación, cuando aparecen las contracciones y la maduración cervical, las uniones de hendidura del miometrio se incrementan considerablemente en número y tamaño hasta el comienzo del parto. Se ha observado que la formación de las uniones de hendidura está estrechamente relacionada con la concentración de receptores de estrógenos, que aumentan su formación, y receptores de progesterona, que la disminuyen, más que con los niveles de esteroides circulantes. Esta regulación de la síntesis de uniones de hendidura por hormonas y agentes farmacológicos probablemente es esencial para la coordinación del parto. Además de los efectos hormonales parece ser que también afecta a la formación de uniones de hendidura el efecto de estiramiento de la pared uterina producida por el crecimiento del feto (Garcia Sacristán, 1995).

Este incremento en la formación de uniones de hendidura antes del parto está en correlación con un aumento de la actividad eléctrica y en las propiedades de conducción del miometrio. Todo esto, unido a la respuesta a estrógenos, oxitocina, y otras hormonas, son acontecimientos estimulantes que en conjunto llevan a un incremento de la contractilidad del miometrio durante el parto. La organización de las células miométriales, altamente flexible, permite al útero generar la fuerza sin seguir un eje obligatorio y pudiendo adoptar de hecho

cualquier forma para acomodarse al feto en distintas posiciones y tamaños durante el parto (García Sacristán, 1995).

La oxitocina ha demostrado ser un inhibidor del sistema ATP-asa Ca-Mg de la membrana plasmática, mientras que las prostaglandinas pueden actuar modificando la permeabilidad de la membrana al  $\text{Ca}^{++}$  y aumentando así el flujo de  $\text{Ca}^{++}$  al interior de la célula. Estos hechos sugieren que la  $\text{PGF}_2\alpha$  y la oxitocina incrementan los niveles de  $\text{Ca}^{++}$  intracelular, y de esta manera se comportan como estimulantes de la contractilidad miometrial, mientras que la progesterona y el AMPc deprimen la actividad miometrial al disminuir los niveles de  $\text{Ca}^{++}$  intracelular (García Sacristán, 1995).

Muchas de las hormonas y neurotransmisores que producen relajación miometrial actúan a través del AMPc como mensajero intracelular. Estas sustancias actúan bien activando la adenilciclase como los agonistas  $\beta$ -adrenérgicos y la relaxina, o bien inhibiendo la fosfodiesterasa, como ocurre con la teofilina o papaverina. De esta manera el  $\text{Ca}^{++}$  y el AMPc regulan la actividad contráctil miometrial y actúan como segundos mensajeros de las hormonas y neurotransmisores que influyen sobre su actividad (García Sacristán, 1995).

Al final de la gestación el útero está sobredistendido y la excesiva elongación de la fibra muscular motiva su excitación; la dilatación excéntrica del útero provoca la aparición de contracciones. La sobredistensión del útero es considerada como uno de los más importantes factores en la puesta en marcha del parto. La elongación de la fibra muscular uterina determina una multiplicación de su actividad contráctil y de su respuesta a la oxitocina. La respuesta contráctil de la fibra uterina a la elongación puede deberse a su capacidad de producir prostaglandinas en estas condiciones. Las contracciones aparecen ya al final de la gestación, antes de que el parto comience, y reciben el nombre de contracciones de Braxton-Hicks (García Sacristán, 1995).

Normalmente la célula contiene más  $\text{K}^+$  que los líquidos intersticiales; inversamente éstos tienen más sodio que aquella. La progesterona ejerce la acción de “bomba de sodio”, que absorbe este catión al interior de las células. Para compensar esta entrada, un equivalente de  $\text{K}^+$  sale al exterior, produciéndose así un equilibrio de las diferencias sodio/potasio de dentro-afuera

de la célula. Con esto, el potencial de membrana y la excitabilidad celular se hacen menores. Un descenso de la progesterona, con un predominio absoluto o relativo de estrógenos, produce el efecto contrario: aumento del  $K^+$  intracelular y del  $Na^+$  intersticial. La consecuencia es la aparición de un incremento en la excitabilidad muscular del miometrio. Esta es la causa de que la progesterona relaje la fibra muscular uterina, mientras que los estrógenos la excitan. Un desequilibrio estrógenos/progesterona es una de las causas desencadenantes del parto (García Sacristán, 1995).

### **Endocrinología del parto**

Para que se inicie el parto y se desarrolle normalmente, es necesaria la conjunción de una serie de cambios endocrinos, que tienen lugar en el organismo materno. Para favorecer la contracción del miometrio, los niveles de progesterona descienden y los estrógenos aumentan gradualmente. Las prostaglandinas y la relaxina controlan la actividad miométrica y la oxitocina es importante en la terminación del parto (García Sacristán, 1995).

A lo largo de la gestación hay un nivel creciente de progesterona, que tiene su origen en el cuerpo lúteo o en la placenta, para descender su concentración unos cuantos días antes del parto. La suspensión del bloqueo de la progesterona permite que se manifiesten los efectos estimulantes de los estrógenos. En la vaca la regresión del cuerpo lúteo se produce antes de la iniciación del parto. La concentración de progesterona en el plasma materno disminuye gradualmente durante los últimos 20 días de la preñez, incrementándose este descenso en los 2 o 3 días que preceden al parto. Estas concentraciones de progesterona están en correlación con los bajos niveles de actividad uterina hasta los días 2 y 4 antes del parto (García Sacristán, 1995; Kindahl et al., 2004). La caída de la concentración plasmática de progesterona es un evento fundamental para la expulsión final del feto (Taverne et al., 2002).

La concentración plasmática de estrógenos aumenta durante la gestación y llega a su máximo antes del parto. Este nivel creciente de estrógenos durante la preñez favorece el crecimiento del miometrio, la síntesis de actomiosina y, en

consecuencia, el aumento de la capacidad de contracción del útero (Kindahl et al., 2004; Garcia Sacristán, 1995). Los estrógenos incrementan la actividad espontánea del miometrio y la repolarización rápida de la membrana; a su vez causan una relajación junto con la relaxina, del conducto del parto, en especial del cuello uterino y la vagina (Kindahl et al., 2004; Garcia Sacristán, 1995). En la vaca la excreción urinaria de estrógenos aumenta progresivamente durante los últimos meses de gestación. El principal lugar de producción de estrógenos es la placenta y las concentraciones de estrógenos no conjugados en la vena útero-ovárica son superiores a las encontradas en la vena yugular. Los niveles de estradiol plasmático aumentan de forma lineal desde aproximadamente 30 pg/mL cuando faltan 30 días para la finalización de la gestación, hasta aproximadamente 300 pg/mL cuando faltan 2 días. La concentración de estrona no conjugada es diez veces superior a la de estradiol (Garcia Sacristán, 1995). El cambio en el balance hormonal (caída de progesterona y aumento de los estrógenos), resulta en un incremento de los receptores de oxitocina y la liberación de prostaglandinas (Kindahl et al., 2004).

Los niveles de oxitocina se elevan bruscamente en la segunda fase del parto. La reacción uterina a la oxitocina aumenta durante la gestación. Trabajos en diversas especies indican que hay una liberación súbita de oxitocina exactamente antes de la expulsión final del feto. En la vaca se ha observado que la distensión vaginal causa un aumento de la liberación de oxitocina. Su importancia en el comienzo del trabajo del parto es mínima, pero es importante en la terminación del mismo (Garcia Sacristán, 1995).

Los acontecimientos que inician el parto tienen un final común: la liberación de prostaglandinas y sus consecuencias (Garcia Sacristán, 1995; Taverne et al., 2002). El aumento del nivel de estrógenos hace que se active la enzima fosfolipasa A2. Una vez activada libera ácido araquidónico de los depósitos fosfolipídicos. Estos, por acción de la enzima prostaglandina-sintetasa, se transforman en compuestos de gran actividad biológica como los tromboxanos, prostaglandinas y prostaciclina (Garcia Sacristán, 1995). El más importante de estos compuestos es la PGF<sub>2</sub>α, el metabolismo de este compuesto es muy rápido e inicialmente el metabolito que se forma es la 15-ketodihidroPGF<sub>2</sub>α o PGFM (Kindahl et al., 2004). Los metabolitos de la PGF<sub>2</sub>α son parámetros válidos de la

producción de la misma, indicando la activación de la cascada del ácido araquidónico (Kindahl et al., 2004). Normalmente, el reblandecimiento del cérvix y las contracciones uterinas ocurren a la vez, ya que ambos responden a la liberación de prostaglandinas. En suma, las prostaglandinas estimulan las células musculares lisas para desarrollar áreas especiales de contacto, lo que convierte el músculo en una red sobre la cual pasan los impulsos eléctricos para estimular contracciones coordinadas. En la vaca se produce una mayor liberación de prostaglandina en la vena uterina tras el descenso de los niveles de progesterona; después del parto, se produce una liberación mantenida de  $\text{PGF2}\alpha$ , observándose que dura de 1 a 4 semanas (García Sacristán, 1995). Se observa una relación entre el cortisol y las prostaglandinas, ya que ambas hormonas aumentan simultáneamente en diversas situaciones, como ejemplo: en el parto y ante una endotoxemia inducida (Kindahl et al., 2004; Kornmatitsuk et al., 2002).

La relaxina es una hormona polipeptídica que ensancha el canal del parto e inhibe las contracciones uterinas. Esta hormona produce la relajación de los ligamentos y de los músculos relacionados que rodean el canal pélvico, lo cual permite que el feto lo expanda hasta el límite de su capacidad. Los efectos de la relaxina sobre la contractibilidad uterina se pueden distinguir de los de la progesterona; así, la relaxina exógena ejerce un efecto rápido inhibitorio sobre el miometrio, mientras que la progesterona, en aquellas situaciones en que es efectiva, presenta un intervalo de actuación de entre 8 y 12 horas. Se ha propuesto que la relaxina dirige el delicado control de la actividad miométrica al final de la gestación de una manera coordinada, mientras se impide la actividad espontánea. En la vaca, la relaxina, que es producida por el cuerpo lúteo, aunque se segrega en cantidad considerable un día antes del parto, el mismo día que acontece éste se encuentra en franco declive (García Sacristán, 1995).

Los corticoides adrenales se elevan inmediatamente antes del parto en el plasma materno (García Sacristán, 1995; Kindahl et al., 2004). El cortisol se considera responsable de la regulación de síntesis de prostaglandina (Kindahl et al., 2004). El cortisol es un indicador de eventos estresantes en la vaca (Kindahl et al., 2002; Kindahl et al., 2004). Los niveles de cortisol son muy altos en el momento del parto (Kindahl et al., 2004). Esta situación se relaciona con lo estresante que resulta la labor del parto (Kindahl et al., 2004).

Los niveles de las glicoproteínas asociadas a la preñez, originarias de las células trofoblásticas binucleadas de las membranas fetales, aumentan durante los 10 días previos al parto (Kindahl et al., 2002; Kornmatitsuk et al., 2002).

### **Fases del parto**

Clásicamente en parto en el bovino es dividido en 3 fases.

#### *Primera fase*

Los cambios que tienen lugar durante esta fase del parto no son visibles externamente pero son importantes porque preparan el canal del parto y el feto para la expulsión. Primero cambia la estructura del cuello uterina para que pueda dilatarse, después comienzan las contracciones miométriales, y finalmente el feto adopta la posición para la expulsión que supone su rotación en torno al eje longitudinal y la extensión de sus extremidades. El cuello uterino de la vaca se dilata, comenzando por el extremo vaginal. Inicialmente hay una amplia dilatación del orificio vaginal del cuello uterino, cuyo perímetro es palpable como una superficie rugosa por delante del extremo anterior de la vagina. El cuello uterino en forma de cono sufre simultáneamente un acortamiento antes de que el orificio interno se dilate de forma que cuando este proceso finaliza la vagina y el útero forman un canal continuo que se ve ocupado y distendido por el alantocorión (Arthur, 1991).

La primera fase del parto también se caracteriza por el inicio de las contracciones miométriales regulares, que con frecuencia producen síntomas de incomodidad y de un cólico ligero. En la mayoría de los casos hay intranquilidad en la hembra a la vez que se eleva la frecuencia del pulso y de los movimientos respiratorios. En la vaca las contracciones miométriales muestran un cambio desde ondas aisladas, descoordinadas durante las últimas fases de la gestación, hasta un tipo peristáltico coordinado y regular en el momento que se acerca la expulsión del ternero. La frecuencia también aumenta de 12 a 24 por hora en las dos últimas horas, y a 48 por hora justo en el momento antes de la expulsión. La actividad mioeléctrica aumenta durante las últimas 24 horas antes del parto junto con cambios progresivos sólo tienen lugar justo antes de la expulsión. Una característica observada en la vaca, fue la presencia de contracciones cuya

dirección va desde el cuello uterino hasta el extremo anterior del útero y contracciones cuya dirección va del extremo anterior del útero al cuello uterino (Arthur, 1991).

Las contracciones de la musculatura uterina provocan otros cambios en el útero y probablemente también en el feto. Las uniones placentarias al endometrio se debilitan volviéndose menos íntimas y las células superficiales comienzan una degeneración grasa. El aumento de la resistencia en la circulación sanguínea del lado maternal de la placenta provoca un incremento del flujo sanguíneo hacia el feto (Arthur, 1991).

En lo que se refiere al feto en la primera fase de parto, este se hace más activo y se coloca en una posición que le permitirá abrirse paso por el canal del parto. La naturaleza del mecanismo por el cual las extremidades anteriores se colocan por delante del cuerpo se desconoce. En la especie bovina éste es un fenómeno único que nunca se repite después del parto (Arthur, 1991).

### *Segunda fase*

En las especies monotocas, como la vaca, ésta comprende la expulsión del feto. El hecho que indica que comienza la segunda fase es la aparición de contracciones abdominales. En la vaca se ha demostrado que 8 de cada 10 contracciones abdominales son simultáneas con contracciones miométriales, cuya frecuencia en esta fase es de 24 a 48 por hora, de forma que una contracción sigue casi inmediatamente a otra (Arthur, 1991).

Durante la segunda fase se observa la desaparición de las ondas de las contracciones cuya dirección va desde al cuello uterino hasta el extremo anterior del útero (Arthur, 1991).

El saco alantocoriónico, como consecuencia de que el movimiento hacia atrás está restringido por sus uniones con la placenta, se rompe y una gran cantidad de líquido alantoideo sale por la vulva. El amnios dilatado, junto con parte del feto, es impulsado hacia la entrada de la pelvis, estimulando de esta forma el reflejo pélvico, que provoca contracciones muy fuertes de los músculos abdominales. Más tarde tienen lugar esfuerzos expulsivos importantes justo en el momento en que las zonas escapulares o pélvicas del feto se encajan en la pelvis. Estas

dilataciones del canal maternal del parto provocan un gran aumento en la descarga de oxitocina de la hipófisis posterior y ésta, a su vez, acentúa las contracciones miométriales, produciéndose una sincronización de los esfuerzos expulsivos uterinos y abdominales. A medida que los esfuerzos expulsivos intermitentes continúan, el amnios atraviesa la vagina y aparece por la vulva denominándose “bolsa de las aguas”. Al transcurrir los esfuerzos las extremidades del feto asoman dentro de la bolsa de las aguas. El amnios se insinúa progresivamente y puede o no romperse por efecto traumático de una de las extremidades del feto, con lo cual se libera el líquido amniótico con gran capacidad lubricante. La cabeza del feto ocupa la vulva y en este momento las contracciones del útero y de los músculos abdominales alcanzan el máximo grado de esfuerzo expulsivo, este máximo esfuerzo coincide con la salida de la zona occipital de la cabeza del feto. Cuando ha salido la cabeza la madre puede descansar durante un momento, pero enseguida nuevas contracciones provocan el paso del tórax fetal a través de la vulva. Normalmente la aparición de las caderas tiene lugar inmediatamente y las extremidades posteriores salen a continuación (Arthur, 1991).

En la vaca el feto nace en presentación anterior, posición dorsal y extremidades extendidas, con una pequeña proporción de partos normales en presentación posterior (Arthur, 1991).

Durante su paso del útero al exterior el feto sigue una trayectoria en forma de arco, esto tiende a reducir el diámetro dorsoventral de la pelvis fetal así como a mantenerla en una posición favorable que se corresponda con el diámetro bisilfaco maternal más amplio (Arthur, 1991).

### *Tercera fase*

Después del nacimiento de la cría, las contracciones abdominales regulares cesan en gran medida. Aunque se ha observado una pausa temporal en la vaca, las contracciones miométriales persisten. Estas contracciones son importantes por la rotura y la expulsión de las membranas fetales (Arthur, 1991).

El efecto de las contracciones es abrir las criptas endometriales que en el caso de aquellas especies con cotiledones se efectúa progresivamente. Las vellosidades

fetales disminuyen, debido principalmente a la repentina pérdida de turgencia relacionada con la pérdida de sangre del lado fetal de la placenta cuando el cordón umbilical se rompe. La pérdida de sangre de la placenta está controlada por el efecto de compresión de las contracciones miométriales. Estos fenómenos, junto con algunos de los cambios degenerativos de maduración que se observan en las carúnculas de la vaca, provocan la separación de la membrana fetal. Cuando una gran porción de la placenta se suelta y se invierte forma una masa dentro de la pelvis maternal que estimula las contracciones reflejas de los músculos abdominales. Este esfuerzo completa la expulsión del saco alantocoriónico que tiene la superficie alantoidea más externa, suave y brillante. La duración media de la tercera fase va de 1 a 6 horas en la vaca (Arthur, 1991).

La hembra comienza a lamer a la cría luego de nacer. Durante la primer hora postparto es normal que la cría mame; el estímulo del amamantamiento provoca una descarga de oxitocina que contribuye tanto a la bajada de la leche como a un aumento de las contracciones miométriales (Arthur, 1991).

## **MÉTODOS DE CONTROL ARTIFICIAL DEL PARTO**

Dentro de las alternativas que existen para controlar el parto, el mismo puede ser inducido o retrasado por medios farmacológicos, e incluso por características del manejo podemos influenciar en cierta medida la hora en que se producirá el parto.

### **Métodos farmacológicos**

#### *Inducción del parto*

La inducción del parto está indicada para: adelantar el momento del parto para que coincida con la disponibilidad de forraje suficiente para la producción de leche en los sistemas que lo requieran o resulte beneficioso; asegurarse de que las vacas reciben una adecuada asistencia al momento del parto; reducción del peso del ternero al parto acortando la duración de la gestación; en vacas que presenten patologías en las cuales la terminación de la gestación aliviaría su problema (Arthur, 1991). Con un manejo adecuado puede limitar el tiempo necesario de supervisión en la temporada de partos, solamente con dos días semanales sería

suficiente (Wagner et al., 1974). La inducción de los partos también nos permitiría obtener grupos uniformes de terneros en peso y edad al destete (Wagner et al., 1974).

La inducción del parto en la vaca ha sido estudiada con los siguientes tratamientos: corticoesteroides, estrógenos, combinación de corticoesteroides y estrógenos, prostaglandina, combinaciones de prostaglandina con estrógenos y prostaglandina con corticoesteroides (Lewing et al., 1985); también hay reportes del uso de relaxina (Musah et al., 1987; Smith et al., 1996) y antiprogestagénos (Dlamini et al., 1995).

El uso de glucocorticoides sintéticos para la inducción del parto ha sido reportada por múltiples investigadores (Wagner, 1974); esto se da porque tienen la capacidad de inducir la  $17\alpha$  hidroxilasa placentaria y la aromatasa de la misma forma que los corticoides fetales (Königsson et al., 2001). Los glucocorticoides de rápida acción (Dexametasona, flumetasona) producen el parto unas 72 horas después de su administración, hay un reporte que indica que dosis de dexametasona de 20 mg producen el parto en la mayoría de las vacas y dosis más altas (30-60 mg) lo producen en el 100% de las vacas (Wagner, 1974), dosis de flumetasona de 7,5 mg producen el parto en el 100% de las vacas (265-272 días de gestación) (Wagner, 1984); otro reporte indica que tras dos dosis de 20 mg de Dexametasona con intervalo de 24 horas produce el parto en una media de 7 días después de la primera inyección, estudio que fue realizado en una etapa más temprana de la gestación (254-265 días) (Königsson et al., 2001). Desafortunadamente este tipo de inducción del parto está acompañada por una alta incidencia de retención de placenta (Davis et al., 1979; Adams et al., 1970). La inducción del parto con corticoides de larga acción tiene un índice menor de retención de placenta (Davis et al., 1979). Sin embargo, en estos casos el control del momento del parto no es muy preciso por lo cual perdemos el beneficio de inducir el parto (Davis et al., 1979).

Los niveles de estrógenos circulantes en animales inducidos con glucocorticoides, no alcanzan a los niveles de animales que tienen un parto normal; agregar 6 mg de benzoato de estradiol al tratamiento reduce la tasa de retención de placenta (Garverick et al., 1974); sin embargo, estos resultados no se pudieron observar en

otras experiencias (Schmitt, 1975; La Voie et al., 1973). La inconsistencia de estos resultados del uso de estrógenos con Dexametasona se puede deber a las condiciones experimentales variables, incluyendo tipo de estrógeno, dosis, raza de los animales, y los días previos al parto en que se realiza el tratamiento (Kesler et al., 1976). Existiendo estudios que implican un aumento de la retención de placenta en vacas tratadas con estrógenos y glucocorticoides (Barth et al., 1978). En tratamientos con PGF<sub>2</sub>α o con PGF<sub>2</sub>α y estradiol 17-β también existió un alto índice de retención de placenta (Henricks et al., 1977).

En ensayos realizados con la utilización de cloprostenol y dexametasona el parto se produjo siempre antes de las 72 horas con medias cercanas a las 40 horas (Lewing, 1985). En este ensayo también existió un alto índice de retención de placenta.

La información con respecto al uso de relaxina es variable, se reporta que junto con la administración de cloprostenol y dexametasona reduce la incidencia y la duración de la retención de membranas fetales (Musah et al., 1987) y también se reporta que en combinación solo con dexametasona no reduce la incidencia de retención placentaria y, cuando se administra sola, se da una muy baja incidencia de retención de placenta, pero en estos casos no se reduce significativamente la duración de la gestación por lo cual se puede inferir que no induce por si sola el parto (Smith et al., 1996), en este ensayo se utilizó la vía intramuscular; en un ensayo previo se utilizó por vía intracervical y en este caso redujo la duración de la preñez sin registrarse ningún caso de retención placentaria (Musah et al., 1986).

La administración de antiprogéstágenos, el caso concreto de la droga mifepristone, produce un acortamiento en la duración de la gestación, por su acción antagonista de la progesterona; este método presenta un alto índice de retención de placenta, la cual se reduce al combinarla con relaxina (Dlamini et al., 1995).

### *Retraso del parto*

Los agentes β-adrenérgicos que estimulan los receptores β<sub>2</sub> de las fibras musculares uterinas pueden abolir las contracciones uterinas y retrasar el parto

durante un corto periodo de tiempo. El clenbuterol es la sustancia de mayor uso en la vaca (Arthur, 1991). En vacas que han comenzado el trabajo de parto (sin dilatación cervical completa), el clenbuterol puede retrasar el parto por lo menos 5 horas (Bazer et al., 1983).

### **Métodos de manejo**

Sin realizar un método de manejo en particular, la ocurrencia de los partos en los bovinos se distribuye uniformemente a lo largo de las 24 horas del día (Edwards et al., 1979; Yarney et al., 1982). Este concepto no es aceptado completamente y se plantea que en distintos momentos del año esto varía (Evans y Hacker, 1989).

Cuando el parto se produce durante las horas de luz natural, se da una oportunidad para que el parto se asista de forma correcta; esto posibilita reducir la pérdida de animales debido a distocia severa (Pennington et al., 1985).

El hecho de alimentar al ganado en las últimas horas de la tarde o en la noche aumenta la incidencia de partos diurnos (Yarney et al., 1979; Lowman et al., 1981; Gleeson et al., 2007; Blanc et al., 2010; Aoki et al., 2006; Gleeson et al., 2003). Existen casos en los cuales este hecho no se ha reproducido (Pennington et al., 1985). Cabe destacar que todos los estudios están realizados bajo distintas condiciones, incluso no existe concordancia en la división de parto diurno-nocturno manejando distintos momentos del día como puntos de corte, con ensayos en los cuales el parto diurno abarca un periodo de 16 horas (06:00-22:00) como es el realizado por Lowman et al. en 1981 y otros estudios en los cuales cada periodo es de 12 horas (06:00-18:00) como ejemplo el ensayo realizado por Pennington y Albright en 1985.

Se menciona como un factor determinante de la ocurrencia de mayor cantidad de partos diurnos la composición de la dieta, la cual debería tener un alto contenido de forraje. También se indica que el periodo de ingestión debe ser corto luego de la administración del alimento (Aoki et al., 2006).

En otros ensayos se plantea que para que el método sea efectivo debe existir un periodo de restricción del alimento previo a la administración del mismo (Lowman

et al., 1981; Gleeson et al., 2007). En uno de estos ensayos se señala que el aumento de partos diurnos se asoció con mayor incidencia de distocias y nacimiento de mortinatos (hecho que resulta contrario a lo esperado); lo cual puede estar influenciado por la atención prematura e inadecuada (Gleeson et al., 2007). El mismo autor en un estudio previo no encontró influencia del régimen alimenticio en estos parámetros (Gleeson et al., 2003).

Cuando se alimentan las vacas por la noche se producen ciertos cambios conductuales, por ejemplo se registró que durante el periodo que va desde las 22:00 a las 04:00 horas el 55% del tiempo los animales permanecen echados; bajo este régimen de alimentación solo permanecen echados el 40% del tiempo en este mismo periodo (Pennington y Albright , 1985). También se reporta que las vacas que son alimentadas en la noche tienden a ser más agresivas entre ellas; además se indica que gastan menos tiempo en alimentarse (Gleeson et al., 2003).

La duración del régimen de alimentación parece no tener gran influencia en el momento en que se produce el parto, obteniendo los mismos resultados con menos de 20 días a más de 40. Se sostiene que el peso de la vaca, la cantidad de partos previos, y el peso de la cría no influyen en la hora en que se produce el parto (Gleeson et al., 2003).

El mecanismo fisiológico por el cual la alimentación en la tarde-noche reduce la incidencia de partos nocturnos no se conoce. Se han propuesto diferentes teorías, como cambios en la conducta postural, en la presión intra-ruminal, la alteración de los perfiles de prostaglandinas uterinas (Gleeson et al., 2007) y cabe citar el hecho de que las contracciones uterinas preparto son más bajas en frecuencia cuando las vacas se están alimentando (Taverne et al., 2002).

Otra opción de manejo que se sugiere para controlar el momento en que se va a producir el parto es manipular las horas luz a las que se expone a la vaca, con mayor proporción de partos diurnos cuando se utiliza luz artificial entre las 18:00 y las 20:00 horas (Evans y Hacker, 1989). El mecanismo por el cual se produce es desconocido, se sugiere que la luz puede actuar mediante su efecto en el ritmo circadiano de secreción de glucocorticoides en la vaca (Wagner y Oxenreider, 1972).

## **Importancia del control del parto**

El objetivo de un manejo exitoso al momento del parto es obtener un ternero viable y una transición adecuada del periodo seco a la lactación, sin complicaciones, por parte de la vaca (Mee, 2004).

El parto constituye uno de los puntos más importantes en la vida productiva de una vaca lechera. En este momento se puede producir un alto riesgo de muerte y lesiones o enfermedades severas tanto en el ternero como en la madre. La eficacia productiva y reproductiva puede ser reducida en este momento, y esta es la razón por la cual deben dirigirse los mayores esfuerzos en reducir los problemas en este momento (Mather y Melancon, 1981). La ocurrencia de partos distócicos oscila en un 6% en las vacas lecheras (Stevenson, 1988), su incidencia es mayor en vaquillonas y desciende al aumentar la edad de la vaca (Stevenson, 1989).

## **COMPORTAMIENTO BOVINO: HORA DE ALIMENTACIÓN**

Aunque la ingestión de alimentos puede estar controlada a nivel metabólico en los rumiantes, es probable que las señales sean diferentes a los animales monogástricos. La cantidad de glucosa que se absorbe en el intestino delgado de los rumiantes es relativamente pequeña, de manera que los niveles de glucosa en sangre guardan poca relación con el comportamiento alimentario. Por lo tanto, parece poco probable que el mecanismo glucostático de regulación de la ingestión sea aplicable a los rumiantes (Mc Donald, 1999).

Los ácidos grasos volátiles por medio de un mecanismo quimiostático es más probable que regulen la ingestión. Se ha comprobado que la introducción de acetato y propionato en el rumen, reducen la ingestión de raciones ricas en concentrados, habiéndose sugerido la existencia de receptores de la regulación de la ingestión para el acetato y propionato, en la cara interna de retículo-rumen. Al emplear raciones basadas fundamentalmente en alimento groseros, la introducción de ácidos grasos ha tenido efectos menos claros sobre la ingestión de ácidos grasos (McDonald, 1999).

## **Ritmo fisiológico de alimentación en el bovino**

Se plantean a continuación diferentes situaciones dependiendo del esquema productivo en el que se encuentre el animal.

### *Pastoreo*

Sin importar la forma en que el forraje se ofrezca, los rumiantes consumen su comida en discretas raciones alternando con periodos de descanso y rumia (Gregorini, et al., 2006). De todas formas, en climas templados, los rumiantes tienen de 3 a 4 episodios mayores de ingestión de forraje por día (Scaglia, et al., 2009). Los dos periodos de ingestión más importantes se dan al amanecer y al atardecer, siendo este último más largo e intenso. Los periodos precisos pueden ser modificados por actividades como el ordeño, la asignación de parcelas o la suplementación (Scaglia, et al., 2009).

La frecuencia y la hora de pastoreo puede ser modificada por el ambiente externo (lluvia, temperatura, etc) y también por adaptaciones conductuales (suplementación, por ej.). La suplementación en momentos específicos del día puede alterar los patrones de pastoreo (Scaglia, et al., 2009).

### *Confinamiento*

Se ha encontrado que vacas de alta producción con acceso continuo a TMR (total mixed ration) tienen entre 9 y 14 ingestas diarias (Grant, et al., 1995). Vacas de un nivel productivo inferior realizaban de 7 a 9 ingestas diarias (Grant, et al., 1995).

En cuanto al periodo que estudiamos, el periodo de transición puede ser dividido en 2 fases: 5 a 7 días preparto, en los cuales la ingestión de MS se reduce en un 30% (Bertics, et al., 1992) y el periodo que va desde el parto hasta el día 21 postparto en los cuales la ingestión de MS aumenta rápidamente (Grant, et al., 1995).

## **Variaciones según la frecuencia de alimentación**

En experiencias en las que bovinos lecheros fueron alimentados con diferentes frecuencias, se observó en el grupo que fue alimentado una sola vez en el día, que dentro de la primera hora después de ofrecer el alimento se da la mayor tasa de consumo, de todas formas no es una característica única de este tipo de régimen alimentario, ya que siempre es en este momento que se da el mayor consumo (Nocek, et al., 1985). También se hace referencia a que es muy variable el patrón de consumo cuando se alimenta una sola vez al día, comparado con sistemas en los que se alimenta a los animales en más turnos diarios (Nocek, et al., 1985).

## **REGULACIÓN DE LA GLICEMIA Y SUS VARIACIONES**

### **Papel de la glucosa en el organismo**

Las necesidades de glucosa de los rumiantes son similares a la de los monogástricos. La glucosa es el principal sustrato energético del cerebro, del feto, de la glándula mamaria y del músculo (Cirio y Tebot, 2000).

### **Regulación fisiológica de la glicemia**

El nivel de glicemia en los rumiantes oscila entre 0,5 y 0,6 g/L. La absorción de la glucosa de origen alimentario es muy baja, representa del 15% al 30% de la utilizada por el animal. Esto obliga al rumiante a obtener la mayor parte de la glucosa que necesita por la vía de la neoglucogénesis, actividad metabólica que es permanente en los rumiantes (Cirio y Tebot, 2000).

La neoglucogénesis se produce principalmente en el hígado (90%), con un pequeño aporte del riñón (10%). En los rumiantes no hay elevaciones bruscas de la glicemia durante la ingestión de alimentos. Los principales precursores de la neoglucogénesis son el ácido propiónico, los aminoácidos glucoformadores, el lactato y el glicerol. El propionato es el más importante en condiciones normales, aportando entre un 50% y un 70% de las necesidades de precursores de glucosa (Cirio y Tebot, 2000).

La neoglucogénesis en el rumiante depende en primer lugar de la entrada de precursores exógenos, es decir de la cantidad de alimento ingerido. Esto sugiere que esta vía metabólica es regulada principalmente por la disponibilidad de sus substratos en el tubo digestivo. La regulación hormonal ocuparía un segundo plano. La neoglucogénesis se acentúa cuando hay una producción de acetil-CoA intramitocondrial mayor de la que la célula puede utilizar, por ejemplo durante una lipólisis generalizada (Cirio y Tebot, 2000).

En cuanto al control hormonal, el glucagón estimula la neoglucogénesis por activación de una de sus enzimas claves, la piruvatocarboxilasa; además inhibe ciertas etapas de la glucolisis hepática. El glucagón es una hormona fundamental y de efectos casi exclusivamente hepáticos. En la vaca su inyección produce una elevación de la glicemia (Cirio y Tebot, 2000).

La insulina es la única que disminuye la producción hepática de glucosa. En los rumiantes existe una elevación de la insulinemia durante e inmediatamente después de la ingestión de alimentos, pero la glicemia no parece variar sustancialmente. La llegada a la circulación portal de los ácidos grasos volátiles, principalmente del ácido propiónico, producidos en la digestión ruminal, constituye la señal para la hipersecreción de insulina en el periodo post-prandial. Esta respuesta a los ácidos grasos volátiles es exclusiva de los rumiantes. La neoglucogénesis a partir del propionato es máxima en las horas siguientes a una comida a pesar de la insulinemia alta, inducida por el propio propionato. La insulina reduce la neoglucogénesis a partir de otros precursores distintos al propionato (Cirio y Tebot, 2000).

La somatotrofina aumenta la eficacia de la conversión del propionato en glucosa en el hígado del rumiante. Los glucocorticoides activan el catabolismo de las proteínas, aumentando la liberación de los aminoácidos del músculo esquelético y su conversión en glucosa en el hígado. Las catecolaminas también favorecen la neoglucogénesis (Cirio y Tebot, 2000).

## **CORTISOLEMIA Y FACTORES QUE LA AFECTAN**

### **Funciones del cortisol en el organismo**

El cortisol es un componente importante de muchas funciones fisiológicas, respuestas ante el estrés, metabolismo, e inmunidad por ejemplo. Complejas interacciones comprendiendo estas funciones y las interacciones entre los animales y su ambiente pueden resultar en fluctuaciones en las concentraciones periféricas de glucocorticoides que pueden ocultar los ritmos de secreción (Lefcourt et al., 1993).

Los glucocorticoides tienen actividad sistémica. Intervienen en el metabolismo de la mayoría de las células del organismo. Sus acciones están más relacionadas con la homeorresis, fenómeno que hace referencia a la prioridad funcional que se produce cuando es necesario asegurar un flujo de metabolitos hacia un determinado órgano. Aseguran el aporte de glucosa al sistema nervioso central, aun a costa del catabolismo. Durante la lactancia contribuyen a forzar la movilización de reservas para ser usadas en la síntesis de leche (Carcagno, 1995).

La gama de efectos es tan variada como variados son los tejidos del organismo. Esto se debe a que al estimular la síntesis de proteínas específicas, cada tejido responde con la actividad que le es propia (Carcagno, 1995).

Los glucocorticoides tienen acción anabólica en hígado y riñón, donde inducen la síntesis de glucógeno, y en el pulmón, donde estimulan la biosíntesis de fosfolípidos con aumento del agente tensoactivo pulmonar. La acción catabólica se manifiesta por la destrucción de macromoléculas proteicas o lipídicas en células musculares, adiposas, linfoides, conectivas, cutáneas y óseas. Estimulan la eritropoyesis y leucopoyesis. Son reguladores de la respuesta inflamatoria y estimulantes del sistema nervioso central. Tienen efectos facilitadores en la acción del glucagón y la adrenalina sobre el glucógeno hepático, y en el efecto calorígeno y la acción vasoconstrictora de la noradrenalina (Carcagno, 1995).

En cuanto a los hidratos de carbono, el efecto neto de la actividad de los glucocorticoides, por medio de la inducción de enzimas clave, es el aumento de la síntesis y depósito del glucógeno hepático con tendencia a la hiperglicemia. La

hiperglicemia se genera por la liberación de glucosa hepática, en respuesta al aumento de glucógeno producido por la neoglucogénesis y a la inhibición del consumo periférico de glucosa (Carcagno, 1995).

### **Ritmo circadiano de secreción de cortisol en el bovino**

Los reportes en la vaca lechera son variables, imprecisos y conflictivos. Existen autores que reportan un pico matutino y otros que indican un descenso en la tarde-noche, y también quienes no encuentran un patrón marcado (Hudson et al., 1975).

En las especies que muestran un ritmo circadiano marcado, el mismo se relaciona directamente con el ciclo sueño-actividad (Hudson et al., 1975). La dependencia del cortisol del ciclo sueño-actividad puede ser la explicación de que en la vaca lechera no exista un ritmo circadiano. Los rumiantes no entran en un estado de sueño profundo como los demás animales domésticos y el hombre (Hudson et al., 1975). Los rumiantes poseen la capacidad fisiológica del sueño, pero en la vaca el mismo es transitorio y polifásico, con un promedio de 4 minutos de duración, y un promedio de 11 periodos de este tipo a lo largo de 24 horas (Hudson et al., 1975). Se supone que hay una relación entre estos hechos y la alimentación, por el hecho de que la rumia requiere tiempo y conciencia, y se ha encontrado que en animales alimentados con piensos que tenían partículas más finas se producían más periodos de sueño; cuando los mismos animales eran alimentados con forraje más grosero, los mismos presentaban menos periodos de sueño (Hudson et al., 1975).

Se ha sugerido que en la vaca se presenta un ritmo circadiano muy débil (zenit a las 06:00 h y nadir a las 01:00 h), pero se observa la existencia de un ritmo ultradiano muy fuerte con periodos de 120 minutos de duración. Generalmente se acepta que la amplitud del ritmo circadiano es mayor a la del ritmo ultradiano. No se ha encontrado hasta el momento relación de este ritmo con el ordeño o la alimentación (Lefcourt et al., 1993).

### **Regulación de la cortisolemia**

La secreción de glucocorticoides es estimulada por la ACTH, la cual aumenta la formación de los precursores de dichas hormonas. Sus acciones son mediadas

por el AMPc. El cortisol es el que realiza el feed-back negativo a nivel hipotálamo-hipofisario (Carcagno, 1995).

## **GLICEMIA Y CORTISOLEMIA EN RELACIÓN AL PARTO**

La cortisolemia presenta un ascenso marcado entre 3 y 5 días antes del parto (Adams y Warner, 1970). Ya se ha mencionado anteriormente el papel de esta hormona en el parto y su comportamiento en esta etapa.

A medida que el parto se aproxima se reporta que la concentración de glucosa en sangre va descendiendo exponencialmente, probablemente reflejando el aumento de las necesidades del feto y la glándula mamaria. Más cerca del parto (aproximadamente 1 día antes) la glicemia presenta un aumento abrupto, el mismo se debe a la acción de hormonas que promueven la gluconeogénesis y glucogenolisis (Catecolaminas y glucocorticoides) (Vazquez Añon, et al., 1994).

## **HIPÓTESIS**

La glicemia y/o cortisolemia pueden ser indicadores metabólicos del momento del día en que se producirá el parto en el bovino de leche.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar si existe influencia de las concentraciones sanguíneas de glucosa y cortisol en el momento del día en que se produce el parto en el bovino.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

Evaluar la posible influencia de las variaciones diarias en la glicemia en el momento del día en que se produce el parto en el bovino.

Evaluar la posible influencia de las variaciones diarias en la cortisolemia en el momento del día en que se produce el parto en el bovino.

Encontrar indicios de la existencia de mecanismos metabólicos que determinan el momento del parto en el bovino.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### **Localización:**

El ensayo se realizó en la unidad de lechería de INIA La Estanzuela, ubicada en la ruta 50 en el Km 11, departamento de Colonia, entre el 12 y el 30 de julio de 2010.

### **Animales:**

Se utilizaron 13 vacas Holando, multíparas y primíparas con fecha prevista de parto comprendida en el período antes mencionado. Aproximadamente 15 días antes de la fecha de parto prevista se comenzó con el ensayo. Los animales se ubicaron en un corral con escasa disponibilidad de forraje, con acceso a heno ad libitum y el principal aporte de materia seca se realizó por la administración de silo de pradera (a la hora determinada por el ensayo); en las instalaciones de trabajo (huevo, corral de espera) las vacas tenían acceso al agua. Durante el ensayo se produjo el parto en 9 de las 13 vacas seleccionadas.

### **Metodología de trabajo:**

Previo al comienzo del ensayo se procedió al registro de los animales basado en la identificación por caravana y se registró la condición corporal de las mismas basada en la escala utilizada en ganado Holando (de 1 a 5), presentando una media de 3,42 con una amplitud de 3,25 a 4. Para trasladar los animales al cepo el arreo de los mismos se realizó de forma suave sin alzar la voz, ni maltrato hacia los animales ya que el estrés puede alterar las mediciones. Los animales se ubicaron en un corral a 50 metros de las instalaciones de trabajo, se arrearon todos juntos hacia el tubo y se utilizó un cepo como método de sujeción para la extracción de las muestras, luego los animales volvían a su corral.

Se les extrajo sangre por punción de la vena yugular en 3 turnos diarios, determinados por la hora en que fueron suplementadas las vacas (9:00 a.m.); la primera muestra se tomó antes de administrarse la comida (8:30 a.m.), la segunda 2 h después de suplementarlas (11:00 a.m.), y la tercera muestra 7 h luego de ofrecerles la comida (16:00 p.m.), las muestras fueron identificadas con el número de vaca y un número correlativo al número de muestra.

Las muestras se tomaron en tubos de vacutainer de 4,0 mL en duplicado, una para medir glucosa con fluoruro de sodio (10 mg) y oxalato de potasio (8 mg) como anticoagulantes y en otro tubo las muestras para medir cortisol, con heparina con litio (68 unidades USP).

#### **Etapa de laboratorio:**

Las muestras se centrifugaron inmediatamente luego de recolectadas, extrayendo el suero y congelando el mismo para su posterior análisis. Las muestras de suero se colocaron en tubos eppendorf en los cuales se identificó cada muestra con el número de vaca y el número correlativo de muestra, almacenándose por separado las muestras para determinar glucosa y cortisol.

Las muestras de plasma se determinaron en el Laboratorio de Técnicas Nucleares, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay. Las concentraciones de Cortisol fueron determinadas por un radioinmunoensayo (RIA) en fase sólida utilizando kits de DPC (Diagnostic Product Co., Los Angeles, CA, USA). Las muestras fueron analizadas en dos ensayos. La concentración mínima detectable del ensayo fue de 0.3 µg/dL. Los coeficientes de variación intraensayo para controles bajos (1.38 µg/dL), medios (8.6 µg/dL) y altos (16.7 µg/dL) fueron 11.7%, 5.4 % y 4.7 %, respectivamente. Los coeficientes de variación interensayo para los mismos controles fueron 10.8 %, 5.6 % y 5% respectivamente.

Las concentraciones de glucosa fueron determinadas por espectrofotometría utilizando kits comerciales de Biosystems y un equipo BTS 305. Los coeficientes de variación intraensayo para el control Standartrol (101 mg/dL) fue de 6.2% y el control APlus (85 mg/dL) fue de 4.1%

#### **Análisis estadístico:**

Para el análisis de los datos, se consideró como día cero el día en que se produjo el parto. Se ingresaron los datos de los 4 días previos al parto en el mixed model del SAS. Los datos fueron ordenados en base al día al que nos encontrábamos con referencia al parto (-4,-3,-2,-1,0) y la hora en que fue tomada (la hora se codificó como 1,2 y 3 según la hora a la que correspondía). Se buscó la influencia del día, la hora y la interacción día-hora en la glicemia y cortisolemia.

## RESULTADOS

La concentración de cortisol en sangre estuvo afectada por el día con referencia al parto ( $P < 0,001$ ). Sin embargo, no se encontró efecto de la hora en que se tomaba la muestra ( $P = 0,1379$ ), ni interacción entre las dos ( $P = 0,0946$ ).

Se observó un aumento de la cortisolemia en el día 1 respecto a los días 2, 3 y 4 previo al parto, que se mantuvo al día del parto.

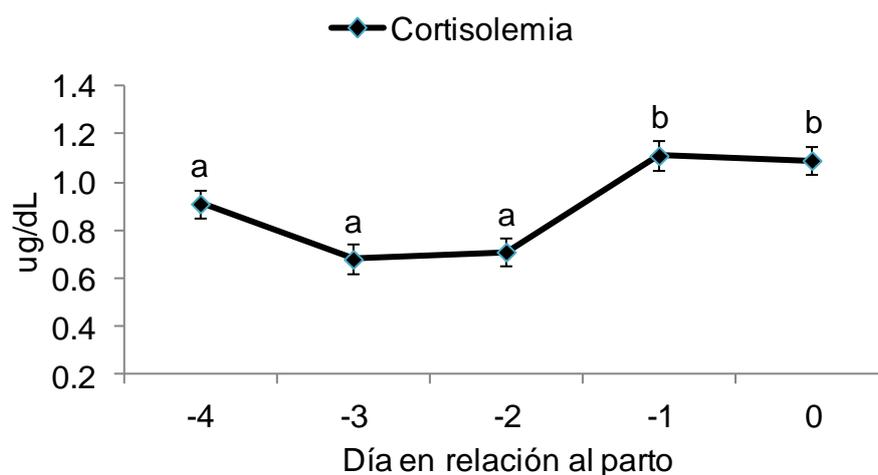


Figura 1. Niveles de Cortisol sanguíneo previo al parto (día 0) en vacas Holando ( $n = 9$ ). Cada determinación es el promedio de tres extracciones diarias (8:30, 11:00 y 16:00 hs) y las vacas fueron suplementadas con concentrado a las 9:00 h. Las letras indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

La glicemia, estuvo afectada por el día en que se tomó la muestra ( $P = 0,014$ ), sin efecto de la hora ( $P = 0,134$ ) ni de la interacción día-hora ( $P = 0,694$ ). La glicemia fue menor en los días -4 y -3 respecto al día 0.

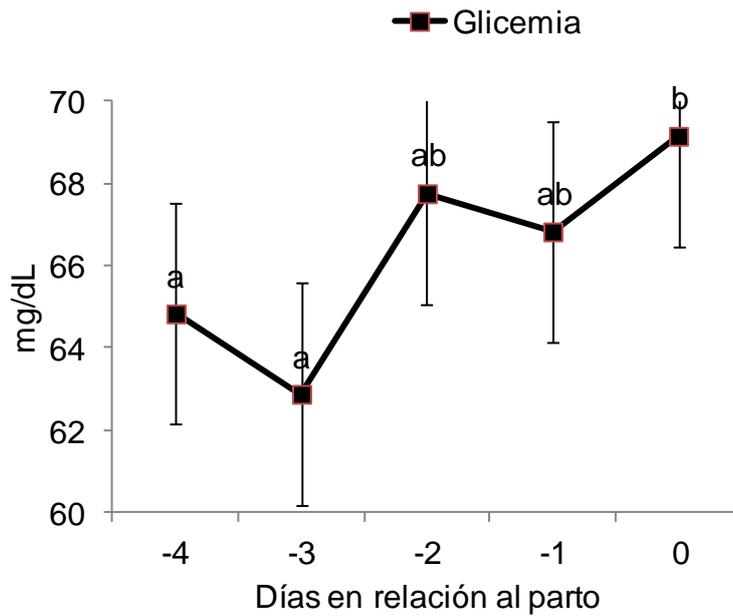


Figura 2. Glicemia según el día de toma de muestra en relación al parto (día 0) (n=9). Cada determinación es el promedio de tres extracciones diarias (8:30, 11:00 y 16:00 hs) y las vacas fueron suplementadas con concentrado a las 9:00 h. Las letras indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

La hora del día en que se tomaron las muestras no tuvo influencia ni en la glicemia ni en la cortisolemia.

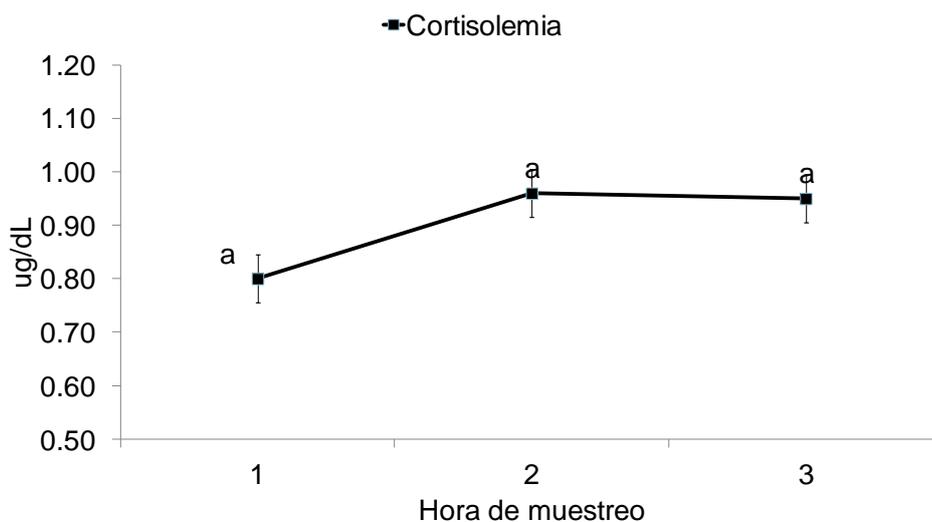


Figura 3. Cortisolemia según la hora de extracción en los 4 días previo al parto en vacas Holando (n=9). Cada determinación es el promedio de los cuatro días. Las

extracciones fueron obtenidas a las 8:30 (1), 11:00 (2) y 16:00 hs (3) y las vacas fueron suplementadas con concentrado a las 9:00 h. Las letras indican que no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ).

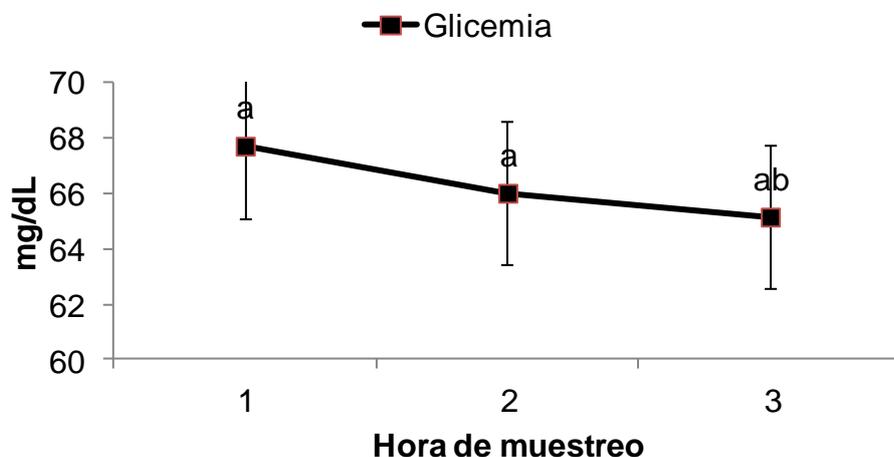


Figura 4. Glicemia según la hora de extracción en los 4 días previo al parto en vacas Holando ( $n=9$ ). Cada determinación es el promedio de los cuatro días. Las extracciones fueron obtenidas a las 8:30 (1), 11:00 (2) y 16:00 hs (3) y las vacas fueron suplementadas con concentrado a las 9:00 h. Las letras indican que no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ).

Se observa una diferencia entre las muestras tomadas en el turno 1 y el turno 3 la cual no llega a ser significativa ( $P=0.051$ ) lo que indica cierta tendencia.

En el ensayo se produjeron 9 partos de los 13 animales utilizados. De los 9 partos, 7 se dieron durante el día.

## DISCUSIÓN

Debido a los resultados obtenidos, no se profundizó en la influencia de los parámetros estudiados en la hora en que se producía el parto, ya que no se encontró ningún patrón de glicemia o cortisol plasmático que pueda incidir en el momento del día en que el mismo se produce. De todas formas es importante hacer referencia al hecho llamativo que 7 de los 9 partos durante el ensayo se produjeron durante el día, a pesar de la hora de suplementación.

En primer lugar se debe hacer referencia a las razones de ciertas condiciones en las que se realizó el presente ensayo con respecto a determinados puntos que pueden llamar la atención. Los animales fueron suplementados en las primeras horas de la mañana por dos razones: la operativa de la institución en la cual se realizó, debido a la cual este esquema de manejo se adaptó mejor, y además no era importante la hora de suplementación, sino el momento de tomar las muestras con respecto a la misma. Por otro lado puede llamar la atención que los animales tuvieron heno a disposición, el hecho concreto es que todo el lote preparto es suplementado a última hora de la tarde (salvo las vacas utilizadas en el ensayo) con silo de pradera con heno siempre a disposición, y con este manejo han obtenido un gran porcentaje de partos diurnos, por lo tanto no consideramos que podría influir, por otro lado era muy marcada la preferencia por el silo, lo cual lo constituía en la principal comida del día.

Con respecto a la cortisolemia y su comportamiento a lo largo del día, los resultados obtenidos concuerdan con los citados por Lefcourt et al. 1993 por el hecho de que la suplementación no influyó en la secreción de cortisol. El ensayo citado fue realizado con vacas en lactación; nuestros animales se encontraban en una situación fisiológica diferente, razón por la cual podíamos esperar ciertas diferencias, las cuales no existieron.

En cuanto a la influencia que tuvo el día en que se tomó la muestra con respecto al parto, los resultados obtenidos coinciden con múltiples revisiones realizadas previamente, en referencia a fisiología del parto (Arthur, 1991; Garcia Sacristán, 1995; Kindahl, 2002; Kindahl, 2004; Taverne et al., 2002). Esto constituye un punto de referencia que aporta seguridad a los datos obtenidos; ya que al medir cortisol en sangre el manejo de los animales es fundamental para no alterar las

mediciones y cualquier error en este punto invalidaría totalmente el estudio de este parámetro.

La glicemia presentó una influencia del día en que se tomaba la muestra con respecto al parto; de todas formas no se encontró el aumento abrupto que se menciona en un ensayo previo (Vazquez Añon et al., 1994), en el cual se menciona que en la 24 horas previas la glicemia aumenta considerablemente; en nuestro ensayo las diferencias estadísticamente significativas se dieron entre el día -3 y el día 0, entre el -4 y 0 y entre el -3 y -2, no así con el día -1 y 0, o sea 24 horas antes del parto. También debemos recordar la influencia de los glucocorticoides y su relación con la glicemia en esta etapa (Vazquez Añon et al., 1994), hecho queda evidenciado en el presente trabajo.

El momento del día en que los animales fueron suplementados no mostró influencia en la glicemia, esto coincide con lo señalado por Cirio y Tebot (Cirio y Tebot, 2000); los cuales indican que la ingestión de alimentos no produce elevaciones de la glicemia. Sin embargo entre el primer turno y el tercero las diferencias no son significativas, pero dan lugar a pensar que en este punto las conclusiones no pueden ser terminantes.

Por los resultados obtenidos no se procedió a una segunda fase de estudio, referido a la hora en que se producían los partos. Si bien el número de partos que se dieron durante el periodo experimental es bajo, el 78% (7 de 9) de estos ocurrieron durante el día. Cabe recordar que el grupo de vacas que se utilizaron en el ensayo provenían de un grupo con gran proporción de partos diurnos, con un esquema de suplementación en la tarde-noche. Se puede plantear la posibilidad de que exista cierta influencia del manejo en el periodo anterior al comienzo del ensayo, lo cual debería ser objeto de estudios posteriores. Esto puede obedecer a un periodo de adaptación que se hace referencia por parte de algunos investigadores (Aoki et al., 2006).

## **CONCLUSIONES**

Por los resultados observados podemos concluir que bajo las condiciones en que se realizó el ensayo ni la glicemia, ni la cortisolemia presentan patrones que nos permitan utilizarlos como indicadores del momento en que se produce el parto en el bovino.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Adams, W.M., Wagner, W.C. (1970). The role of corticoids in parturition. *Biol Reprod* 3:223-228.
- 2) Aoki, M., Kimura, K., Suzuki, O. (2006). Influence of feeding regime on timing of parturition in beef cattle and the relationship of vaginal temperatura to parturition. *J Anim Sci* 77:290-299.
- 3) Arthur, G.H. (1991). Reproducción y obstetricia en veterinaria. Madrid, Interamericana/Mcgraw-hill, 702p.
- 4) Barth, A.D., Adams, W.M., Manns, J.C., Rawlings, N.C. (1978). Induction of parturition in beef cattle using estrogens in conjunction with dexamethasone. *Can Vet J*, 19:175-180.
- 5) Bazer, F.W., First, N.L. (1983). Pregnancy and Parturition. *J Anim Sci*, 57:425-460.
- 6) Bertics, S.J., Grummer, R.R., Cadorniga-Valino, C., Stoddard, E.E. (1992). Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J Dairy Sci*, 75:1914-1922.
- 7) Blanc, J.E., Adrien, M.L., Leone, V., Nopistsch, M., Viera, J.P. (2010). Relación entre la hora de suplementación parto y la disminución de partos nocturnos en hembras holando. XXXVIII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay, p144-145.
- 8) Carcagno, A.R. (1995). Corteza adrenal. En: Garcia Sacristán, A. *Fisiología Veterinaria*. Madrid, Mcgraw-Hill/Interamericana, p767-780.
- 9) Cavestany, D. (2000). Eficiencia reproductiva. En: Cavestany, D. *Manejo reproductivo en vacas lecheras*, Serie Técnica N°115 INIA. Montevideo, p1-11.
- 10) Cirio, A., Tebot, I. (2000). *Fisiología metabólica de los rumiantes*. Montevideo, Facultad de Veterinaria, 146p.
- 11) Coy Fuster, P. (1995). Fisiología de la gestación. En: Garcia Sacristán, A. *Fisiología Veterinaria*. Madrid, Mcgraw-Hill/Interamericana, p861-874.
- 12) Davis, D.L., Kesler, D.J., Jenkins, A.L., Garverick, H.A., Massey, J.W., Bierschwal, C.J., Day, B.N. (1979). Induction of parturition in cattle with long and short acting corticoids and estradiol benzoate. *J Anim Sci*, 49:560-566.

- 13) Dlamini, B.J., Li, Y., Anderson, L.L. (1995). Mifepristone (RU 486) induces parturition in primiparous beef heifers and reduce incidence of dystocia. *J Anim Sci*, 73:3421-3426.
- 14) Edwards, S.A. (1979). The timing of parturition in dairy cattle. *J Agri Sci Cambridge*, 93:359-363.
- 15) Evans, N.M., Hacker, R.R. (1989). The chronobiological manipulation of time of calving and behavior of dairy cattle. *Can J Anim Sci*, 69:857-863.
- 16) Garcia Sacristán, A. (1995). Fisiología del parto. En: Garcia Sacristán, A. *Fisiología Veterinaria*. Madrid, Mcgraw-Hill/Interamericana, p875-892.
- 17) Garverick, H.A., Day, B.N., Mather, E.C., Gomez, L., Thompson, G. B. (1974). Use of estrogen with dexamethasone for inducing parturition in beef cattle. *J Anim Sci*, 38:584-590.
- 18) Gleeson, D.E., O'Brien, B., O'Donovan, K., Mee, J.F. (2003). Effect of silage régime on time of calving and behavior in Holstein-Friesian cows. *The Int J of Appl Res in Vet Med*, 1: Disponible en: [www.jarvm.com/articles/Previous.htm](http://www.jarvm.com/articles/Previous.htm). Fecha de consulta: 15/07/2012.
- 19) Gleeson, D.E., O'Brien, B., Mee, J.F. (2007). Effect of restricting silage feeding prepartum on time of calving, dystocia and stillbirth in Holstein-Friesian cows. *Irish Vet J*, 60:667-671.
- 20) Grant, R.J., Albright, J.L. (1995). Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *J Anim Sci*, 73:2791-2803.
- 21) Gregorini, P., Tamminga, S., Gunter, S. A. (2006). Review: Behavior and daily grazing patterns of cattle. *Prof Anim Sci*, 22:201-209.
- 22) Henricks, D.M., Rawlings, N.C., Ellicott, A.R., Dickey, J.F., Hill, J.R. (1977). Use of prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  to induce parturition in beef heifers. *J Anim Sci*, 44:438-441.
- 23) Hudson, S., Mullord, M., Whittlestone, W.G., Payne, E. (1975). Diurnal variations in blood cortisol in the dairy cow. *J Dairy Sci*, 58:30-33.
- 24) Kesler, D.J., Peterson, R.C., Erb, R.E., Callahan, C.J. (1976) Concentrations of hormones in blood and milk during and after induction of parturition in beef cattle with dexamethasone and estradiol-17 $\beta$ . *J Anim Sci*, 42:918-926.
- 25) Kindahl, H., Kornmatitsuk, B., Gustafsson, H. (2004). The cow in endocrine focus before and after calving. *Reprod Domest Anim*, 39:217-221.

- 26) Kindahl, H., Kornmatitsuk, B., Königsson, K., Gustafsson, H. (2002). Endocrine changes in late bovine pregnancy with special emphasis on fetal well-being. *Dom Anim Endoc* 23:321-328.
- 27) Königsson, K., Kask, K., Gustafsson, H., Kindahl, H., Parvizi, N. (2001). 15-Ketodihydro-PGF2 $\alpha$ , progesterone and cortisol profiles in heifers after induction of parturition by injection of dexamethasone. *Acta Vet Scand*, 42:151-159.
- 28) Kornmatitsuk, B., Veronesi, M.C., Madej, A., Dahl, E., Ropstad, E., Beckers, J.F., Forsberg, M., Gustafsson, H., Kindahl, H. (2002). Hormonal measurements in late pregnancy and parturition in dairy cows-possible tools to monitor foetal well being. *Anim Reprod Sci*, 72:153-164.
- 29) La Voie, V.A., Moody, E.L. (1973). Estrogen pre-treatment of corticoid induced parturition in cattle. *J Anim Sci*, 37:770-775.
- 30) Labadía Mazueco, A. (1995). Bases fisiológicas de la reproducción en la hembra. En: Garcia Sacristán, A. *Fisiología Veterinaria*. Madrid, Mcgraw-hill/interamericana, p840-860.
- 31) Lefcourt, A.M., Bitman, J., Kahl, S., Wood, D.L. (1993). Circadian and ultradian rhythms of peripheral cortisol concentrations in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 76:2607-2612.
- 32) Lewing, F.J., Proulx, J., Mapletoft, R.J. (1985). Induction of parturition in the cow using cloprostenol and dexamethasone in combination. *Can Vet J*, 26: 317-322.
- 33) Lowman, B.G., Hankey, M.S., Scott, N.A., Deas, D.W., Hunter, E.A. (1981). Influence of time of feeding on time of parturition in beef cattle. *Vet Rec*, 109:557-559.
- 34) Mather, E.C., Melancon, J.J. (1981). The Periparturient Cow - A Pivotal Entity in Dairy Production. *J Dairy Sci*, 64:1422-1430.
- 35) McDonald, P. (1999). *Nutrición animal*. Zaragoza, Acribia, 576p.
- 36) Mee, J.F. (2004). Managing the dairy cow at calving time. *Vet Clin Food Anim Pract*, 20:521-546.
- 37) Musah, A.I., Schwabe, C., Willham, R.L., Anderson, L.L. (1986). Relaxin on induction of parturition in beef heifers. *Endocrinology*, 118(4):1476-1482.
- 38) Musah, A.I., Schwabe, C., Willham, R.L., Anderson, L.L. (1987). Induction of parturition, progesterone secretion, and delivery of placenta in beef

- heifers given relaxin and with cloprostenol or dexamethasone. *Biol Reprod* 37:797-803.
- 39) Nocek, J.E., Braund, D.G. (1985). Effect of feeding frequency on diurnal dry matter and water consumption, liquid dilution rate, and milk yield in first lactation. *J Dairy Sci*, 68:2238-2247.
- 40) Pennington, J.A., Albright, J.L. (1985). Effect of feeding time, behavior, and environmental factors on the time of calving in dairy cattle. *J Dairy Sci* 68:2746-2750.
- 41) RAE, (2009). Diccionario de la Real Academia Española. Disponible en: [www.rae.es/rae.html](http://www.rae.es/rae.html). Fecha de consulta: 15/07/2012.
- 42) Scaglia, G., Boland, H.T., Wyatt, W.E. (2009). Effects of time of supplementation on beef stocker calves grazing ryegrass. II. Grazing behavior and dry matter intake. *Prof Anim Sci*, 25:749-756.
- 43) Schmitt, D., Garverick, H.A., Mather, E.C., Sikes, J.D., Day, B.N., Erb, R.E. (1975) Induction of parturition in dairy cattle with dexamethasone and estradiol benzoate. *J Anim Sci*, 40:261-268.
- 44) Silva, L., Laca, M., Ungerfeld, R. (2002). Reconocimiento materno de la preñez. En: Ungerfeld, R. Reproducción en los animales domésticos. Montevideo, Melibea, p203-208.
- 45) Smith, D.E., Hixon, D.L., Moore, D.W., Van Kirk, E.A., Alexander, B.M., Anthony, R.V., Moss, G.E. (1996). Effects of porcine relaxin on induced parturition in beef heifers. *Domest Anim Endoc*, 13:469-476.
- 46) Stevenson, J.S., Call, E.P. (1988). Reproductive Disorders in the Periparturient Dairy Cow. *J Dairy Sci*, 71:2572-2583.
- 47) Stevenson, J.S. (1989). Relationship among climatological variables and hourly distribution of calvings in holsteins fed during the late afternoon. *J Dairy Sci*, 72:2712-2717.
- 48) Taverne, M.A.M., Breeveld-Dwarkasing, V.N.A., Van Dissel-Emiliani, F.M.F., Bevers, M.M., De Jong, R., Van der Weijden, G.C. (2002). Between prepartum luteolysis and onset of expulsión. *Domest Anim Endoc*, 23:329-337.
- 49) Ungerfeld, R. (2002). Control endocrino del ciclo estral. En: Ungerfeld, R. Reproducción en los animales domésticos. Montevideo, Melibea, p41-55.

- 50) Vazquez-Añon, M., Bertics, S., Luck, M., Grummer, R.R. (1994). Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *J Dairy Sci*, 77:1521-1528.
- 51) Wagner, W.C., Oxenreider, S.L. (1972). Adrenal function in the cow. Diurnal changes and the effects of lactation and neurohypophyseal hormones. *J Anim Sci*, 34:630-635.
- 52) Wagner, W.C., Willham, R.L., Evans, L.E. (1974). Controlled parturition in cattle. *J Anim Sci*, 38:485-489.
- 53) Yarney, T.A., Rahnefeld, G.W., Konefal, G., Boston, A.C., McCannel, B., Sigurdsons, M., Parker, R.J., Palmer, W.M. (1979). Time of day of parturition in beef cows. *Can J Anim Sci*, 59(Abstr):836.
- 54) Yarney, T.A., Rahnefeld, G.W., Parker, R.J., Palmer, W.M. (1982). Hourly distribution of time of parturition in beef cows. *Can J Anim Sci*, 62:597-605.