

FISIOLOGÍA DEL PARTO EN LA VACA

Aureliano Hernández V., DMV, M.Sc., PhD.;
*Liliana Chacón J., MV.**

RESUMEN

Se presenta una revisión de la literatura nacional e internacional más relevante relacionada con la fisiología del parto en la vaca, haciendo énfasis en aspectos básicos de los cambios inherentes a las contracciones uterinas, relajación del *cérvix*, control endocrinológico e influencias ambientales. Se incluyen alusiones a hallazgos hechos en otras especies pecuarias que puedan ampliar la comprensión del proceso biológico analizado.

Palabras claves adicionales: parto, vaca, fisiología.

ABSTRACT

PHYSIOLOGY OF PARTURITION IN THE COW

A review of national and international literature relevant to the physiology of parturition in the cow is presented. Emphasis is placed on basic aspects of the inherent changes to myometrial contractions, cervix relaxation, endocrinological changes and environmental influences. Findings from other species are brought about as a complement of the analysed biological process.

Additional index words: cow, cattle, parturition, physiology.

* **Profesor titular y estudiante de posgrado.** Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Departamento de Ciencias Fisiológicas. Santafé de Bogotá, D.C.

En aras de complementar el cuadro fisiológico relativo al advenimiento del parto, cuadro que puede deducirse de la revisión de la literatura referida exclusivamente a los bovinos, se consideró conveniente incluir los resultados de investigaciones atinentes a otras especies animales.

El parto resulta de un intercambio complejo de factores fetales y maternos. Durante la preñez, la actividad miométrial se caracteriza por contracciones escasas y poco coordinadas. Cuando se acerca el parto, el útero se prepara para recibir los estímulos que aumentarán la contractilidad y provocarán la expulsión del feto. Tales estímulos pueden ser locales, maternos o fetales (Challis y Lye, 1994).

El feto sufre algunos cambios endocrinos en el eje hipotálamo-hipofisiario-adrenal, cuyos efectos tienen gran importancia en la iniciación de los eventos hormonales que desencadenan el parto. Tales modificaciones son esenciales en la preparación de algunos órganos fetales para la vida extrauterina (Liggins, 1994).

Así mismo, el estatus endocrino de la madre cambia de manera sustancial. Particularmente, los niveles sanguíneos de progesterona (P) sufren un descenso considerable, y el aumento de la secreción de oxitocina (Ox) y prostaglandinas f 2-alfa (PGF2a) y E (PGE) se hace evidente.

El parto mismo juega un papel determinante en el incremento de los niveles de citoquinas en la madre y el recién nacido (Buonocore *et al.*, 1995). La comprensión cabal de los factores que afectan el parto permitirá su mejor manejo y el diagnóstico de situaciones normales o anormales.

EDAD AL PRIMER PARTO

La determinación de la edad alrededor de la cual las novillas empiezan a parir, sirve para evaluar la velocidad de crecimiento del animal, desde su nacimiento hasta la edad en que puede aportar leche y/o terneros al sistema, para así recuperar la inversión hecha en su levante (Dehning, 1994).

La edad al primer parto (epp) guarda una relación estrecha con la edad en que se efectúa el primer servicio de las novillas y depende

principalmente del manejo y la alimentación proporcionados durante el período de crecimiento. A pesar de no constituir una medida exacta de fertilidad, la epp afecta en forma significativa la eficiencia productiva (Hernández, 1990).

Para definir correctamente la edad en la cual una novilla tiene el potencial requerido para tener su primer parto, deben evaluarse factores tales como la edad a la pubertad, la regularidad de los ciclos estrales, el funcionamiento endocrino, el estado sanitario y el nivel nutricional y la calidad del semen utilizado para los servicios, bien sea mediante monta natural o artificial. Así mismo, se debe establecer si se han presentado abortos o reabsorciones embrionarias (verbigracia, haciendo estimativos de la tasa de retorno al calor) u otras anormalidades del tracto reproductivo.

Los animales pueden alcanzar su etapa reproductiva a la edad adecuada, pero ello a veces pasa inadvertido, o simplemente las novillas pueden servirse en edad tardía, o existen problemas con el semen o con la detección de calores, entre otros factores (Serrano et al., 1994).

Se sabe que existen diferencias inherentes a las razas europeas en comparación con las cebuínas; estas últimas, por lo general, demoran más tiempo en llegar al primer servicio y por ende, al primer parto (McDowell, 1974).

En su análisis del hato comercial de leche de Tibaitatá, ubicado en la Sabana de Bogotá, Colombia, a 2550 msnm, Serrano et al. (1994) reportan que, para 1993, la edad al primer servicio alcanzó un valor promedio de 28 meses y de 35 meses para el primer parto. En adición, señalan que mediante cambios para mejorar el nivel nutricional y el manejo animal, en el segundo período de 1994 fue notoria la disminución en la edad al primer servicio y por lo tanto, al primer parto.

El tener edades de primer parto (epp) con valores superiores a tres años implica que existe un alto porcentaje de animales de reposición en el hato, ocupando áreas que bien pueden estar disponibles para vacas en etapa de producción. Este solo factor hace reducir automáticamente la producción de leche en litros/día/mes/año/hectárea. En ganado lechero, de preferencia se debe criar únicamente el número de terneras necesario para la reposición e idealmente, obtener los primeros partos a los dos años de edad (Méndez, 1986).

Sánchez y Pardo (1987), en un estudio comparativo sobre la producción de leche y carne de diferentes grupos raciales bajo el sistema de doble propósito en el trópico colombiano, ecosistema valle medio del Sinú (200 msnm, encontraron que la epp para los cruzamientos Holstein-Cebú (H-C) y Holstein-Criollo (H-Cr) era de 2.4 y 3.1 años respectivamente, con una diferencia de 0.7 años.

En otro estudio similar, realizado también en el valle del Sinú pero con ganado lechero, encontraron que el cruce de H-C tuvo el primer parto 4.8 meses antes que el H-Costeño con cuernos (H-CC). Las edades al primer parto obtenidas fueron: H-C, 2.5 años y H-CC, 2.9 años (Hernández y Alvarado, 1987).

Tres experimentos simultáneos realizados por el ICA durante diez años (1980-1989) en las zonas ganaderas más importantes del país, se compararon las epp en la raza cebú con cuatro clases de animales media sangre resultantes de aparear vacas cebú con toros Holstein rojo (Hr), Pardo Suizo (PS), Normando (N) y Criollo (Cr). Las edades en años resultantes fueron: Cebú, 37.6; Hr-C; 31.9; PS-C, 33.6; N-C, 32.1; Cr-C, 34.4. En este trabajo se concluyó que todos los híbridos superan al cebú y que el uso de los híbridos producto del apareamiento de razas especializadas de tipo *Bos Taurus* con razas *Bos Indicus* es ampliamente rentable en sistemas de doble propósito, a pesar de las desventajas mostradas en producción de carne al destete con relación al cebú y, por último, que para conservar las ventajas de los híbridos en generaciones sucesivas es necesario hacer cruzamientos de dos animales media sangre diferentes (Hernández, 1993).

De 29 fincas estudiadas en el mismo valle del Sinú con ganado de doble propósito, la mediana de la edad al primer parto fue de 38.6, 39.4 y 41.1 meses para los años 1991, 1992 y 1993, respectivamente. Estas cifras aparentemente estarían por encima de los parámetros que podrían considerarse como aceptables para el sistema de producción y para las condiciones de la zona (alrededor de 30-34 meses). Al tomarse este parámetro junto con la edad al descarte de vacas de 7.5 años y el intervalo entre partos de 444 días, durante su vida, una vaca tendría 3.3 crías, cifra sensiblemente inferior a la alcanzada por la mejor finca (7.9 crías). Estos datos llevan a concluir que la vida productiva de las vacas es muy corta, puesto que además de encontrar la edad de las novillas al primer parto con presentación tardía, la edad de descarte a su vez es muy baja (Navarrete et al., 1995).

González *et al.* (1995), en su trabajo de evaluación de la edad y peso a la pubertad en novillas romosinuano, cebú y sus cruces, afirman que una de las causas de la baja eficiencia reproductiva es el desconocimiento del inicio de la vida reproductiva del animal, situación que es agravada por las condiciones de manejo a las que son sometidos los hatos. En este trabajo se reportan las siguientes edades y pesos a la pubertad: Romosinuano (R) 36.7 meses y 460 kg, Cebú (C) 35.8 meses y 451 kg, R-C, 35,5 meses y 460.7 kg, R-CF2, 36.6 meses y 482.5 kg y C-R, 36.1 meses y 466.7 kg y no encontraron diferencias significativas.

En un trabajo de Cely *et al.* (1990) realizado con base en la información de los registros reproductivos de cuatro hatos de ganado Brahman puro, dos en el municipio de San Alberto al sur del Cesar (500 msnm) y otros dos en el municipio de San Vicente de Chucurí en Santander (altitud similar a la de San Alberto), se estableció que la edad al primer parto fue de 37 meses para los primeros y de 40.2 para los segundos. Las diferencias de edad en las regiones se debió al manejo; en San Vicente los dueños de los animales esperaban que las novillas adquirieran un mayor peso para aparearlas. Estos mismos autores sostienen que los valores encontrados para los parámetros reproductivos se pueden considerar como adecuados, tratándose de ganado cebú criado en climas cálidos donde la eficiencia reproductiva disminuye debido a las características medioambientales, nutrición, suelos, clima, régimen de lluvias y de manejo a que se ven sometidos.

En el Centro Agropecuario "Los Naranjos", del SENA en Granada, Meta (Colombia, situado aproximadamente a 600 msnm), González *et al.* (1992) analizaron los registros de siete años de un hato de ganado criollo San Martinero mantenido en pastoreo en rotación. El promedio de la epp fue de 40.8 meses, con un mínimo de 25.2 y un máximo de 50.4 meses. Para las condiciones de manejo dadas en este estudio, el promedio de 40.8 meses y la amplia variación observada indican que es posible superar una disminución en la edad al primer parto, bajo mejores condiciones de manejo y selección, que en ningún caso serían tan costosas como las necesarias para la adaptación de razas altamente productivas.

Kleeman (1982) en su trabajo sobre situación actual y potencial de producción lechera en explotaciones de doble propósito del departamento del Meta, reporta una epp de 36 meses con una variación entre 32 y 42 meses; y sostiene que un factor determinante y condición previa para la

reducción de la epp es el desarrollo adecuado de la novilla hasta la primera concepción, lo cual depende del peso que debería esperarse llegue a 270-300 kg,. Además, afirma que una edad de 20 meses a la primera concepción corresponde a aumentos de peso diarios de por lo menos 450 g a partir del nacimiento, y que es obvio que se necesitarían cambios significativos en la alimentación de la ternera y novilla para lograr una marcada reducción en la edad al primer parto.

SIGNOS Y ASPECTOS MECÁNICOS DEL PARTO

Casi todos los signos del parto se relacionan con cambios en los ligamentos pélvicos, con edema y aumento de volumen de la vulva y de la actividad de la glándula mamaria. Son útiles como guía, pero pueden variar (Hafez, 1989).

La relajación de la sínfisis púbica, el *cérvix*, los tejidos y los ligamentos de la pelvis ocurren al final de la gestación, con mayor intensidad en los últimos días antes del parto. Estos cambios son más notables en la vaca, en parte, debido al tamaño suyo y del feto. Los signos varían entre especies, pero las hembras de todas las especies comienzan a mostrar inapetencia, angustia, ansiedad y tienden a separarse de su ambiente natural (McDonald, 1980).

En la vaca se observa que la región de ubicación de los ligamentos pélvicos se torna flácida, con el consecuente levantamiento de la raíz de la cola. La región anovulvar se mece cuando la vaca se desplaza. En las novillas se manifiesta un gran edema en forma de balón, delante de la ubre; en la región umbilical la ubre se edematiza, aumenta de tamaño considerablemente y pueden escaparse secreciones a través de los pezones. También se observa un adelgazamiento, alargamiento y ablandamiento de la región perineal, la vulva y la vagina. La vulva se torna hiperémica y edematizada (Schroeder, 1989; McDonald, 1980).

En vacas y ovejas, el feto puede permanecer apoyado sobre su dorso durante una buena parte de la gestación, aunque gira un poco antes del nacimiento hasta alcanzar una posición casi vertical. El hocico y las extremidades anteriores aparecen dirigidas hacia el *cérvix* y la presentación anterior convencional impone que al exterior aparezcan primero las extremidades anteriores del feto. La presentación posterior de nalgas en

vacas y ovejas suele asociarse con dificultades en el parto (distocia) (Hunter, 1987).

Para que el parto sea exitoso se deben cumplir dos procesos mecánicos: la capacidad del útero para contraerse y la del *cérvix* para dilatarse lo suficiente como para permitir el paso del feto. El parto inicia con la aparición de las contracciones uterinas peristálticas regulares que van acompañadas con la dilatación progresiva del cuello uterino (Hafez, 1989). Las contracciones del miometrio se inician en el ápice de los cuernos y van en dirección del *cérvix* en especies monotocas (Hunter, 1987).

PAPEL DEL EJE HIPOFISIARIO-ADRENAL DEL FETO

Los niveles de cortisol en la sangre fetal se elevan, en la oveja, 20 a 25 días antes del parto (Magyar *et al.*, 1980), presentándose un aumento mayor en los últimos dos días de la gestación. Los niveles séricos de cortisol en la madre se incrementan uno o dos días antes del parto, pero probablemente son reflejo del estrés del parto.

El origen del cortisol fetal es la glándula adrenal, la cual sufre hipertrofia e hiperplasia al final de la gestación (Liggins, 1969). También se ha postulado que la señal fetal para la iniciación del parto, es decir, la secreción aumentada de cortisol, podría generarse a partir de un estado de estrés (fisiológico) en el feto (Mcmillen *et al.*, 1995).

Aunque en bovinos no se ha estudiado con la misma profundidad el papel del eje hipofisario-adrenal en el desencadenamiento de los mecanismos propios del parto, se sabe que algunas alteraciones de la glándula adrenal prolongan la duración de la gestación.

Se ha propuesto que la pro-opiomelanocortina (POMC), la cual se encuentra en abundancia en la adenohipófisis fetal al final de la gestación, puede jugar un papel importante como estímulo para que se secrete la hormona adrenocorticotrópica (ACTH). Además, se postula que parte de la POMC podría ser producida por la pars intermedia de la hipófisis. Sin embargo, las interacciones de este compuesto con el cortisol y con el factor liberador de la corticotropina producido en la parte fetal de la placenta, aún no se comprenden totalmente (Challis y Lye, 1994) (Figura 1).

OTROS CAMBIOS HORMONALES

Antes del parto, descienden los niveles séricos de progesterona (P); de los 2 a los 3 meses de gestación, dichos niveles son de 3.5 a 6.5 ng/ml, aumentando desde el quinto mes hasta antes del parto entre 3 y 8 ng/ml; tres días antes del parto, esos niveles disminuyen entre 3 y 4 ng/ml, cayendo a 2ng/ml un día antes del parto (Terblanche y Labuschagne, 1981).

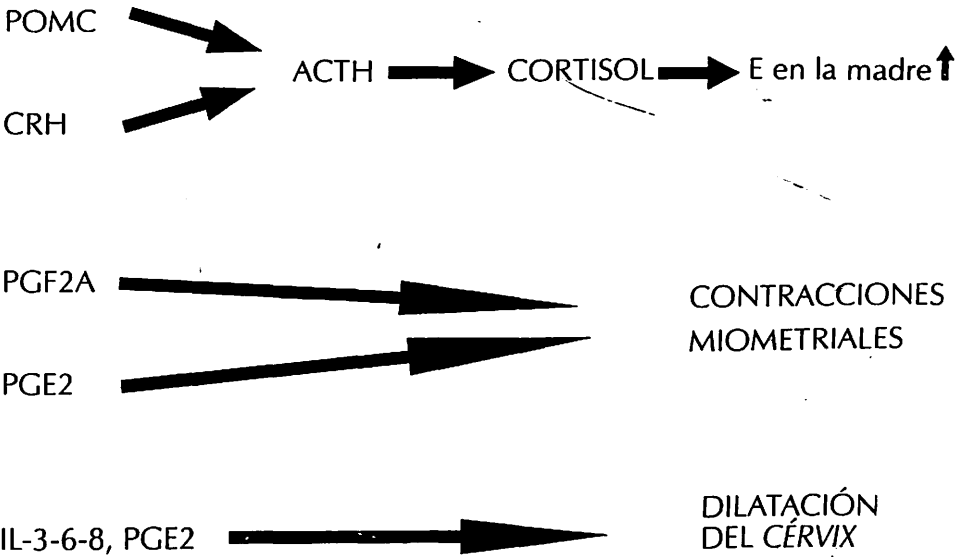


FIGURA 1. Cambios en la secreción de hormonas y otros factores, de origen fetal, que participan en el parto.

Durante los 2 a 4 días que preceden al parto, en la sangre materna hay una elevación de los niveles de prolactina y estrona, y 48 horas antes del parto los niveles de PGF2a aumentan drásticamente (Bazer y First, 1983).

Durante la gestación hay supresión de la generación y propagación de potenciales de acción en el miometrio, por la acción de la P. Entonces el tejido se vuelve refractario al estímulo eléctrico de la oxitocina (Ox) o PGF2a, pero cuando se acerca el parto, la excitabilidad aumenta. La vaca depende casi exclusivamente del cuerpo lúteo para la secreción de P y es necesario que haya luteolisis para que se reduzcan los niveles de P.

Se ha planteado que el cortisol fetal, cuya secreción estaría estimulada por la presencia del factor de liberación de la corticotropina (CRH), en conjunción con esta hormona, iría a activar la producción de PGF2a en el útero, la cual a su vez, causaría luteolisis. El modo de acción del cortisol aún no está aclarado, pues, por ejemplo, al utilizar un corticoide sintético (la dexametasona) en humanos, no se encontró efecto alguno sobre el aumento de la síntesis de PGF2a y PGE2, sustancias que se asocian con el parto (Brennan *et al.*, 1995). De todas maneras, es claro que hay un aumento en la producción de prostaglandinas en el útero y en las membranas fetales, el cual es necesario para que se lleve a cabo el parto (Mitchell *et al.*, 1995).

El cortisol estimula la producción de estrógenos (E) y ellos facilitan la síntesis de receptores de Ox en el útero. Tales receptores aumentan en cantidad en el endo y en el miometrio. Al final de la gestación, el miometrio se vuelve muy sensible a la acción de la Ox, como resultado del aumento numérico de receptores para esta hormona, y el estímulo para la producción de PGF2a ejercido por la Ox en el endometrio, puede ser importante durante el parto, pues la PGF2a estimula la contracción del miometrio (Wu *et al.*, 1996). En la vaca, la síntesis de estrógenos en los placentomus aumenta concomitantemente con el avance de la gestación (Tsumagari *et al.*, 1993). Así mismo, el cuerpo lúteo, cuando se acerca el parto, comienza a producir Ox, tal vez como un suplemento a la secreción de la misma hormona a nivel del eje hipotalámico-hipofisario (Ivell *et al.*, 1995).

Paralelamente a la secreción de Ox, aumenta la de beta endorfina en conjunción con las contracciones abdominales y uterinas, lo cual puede provocarse con la inyección de un análogo de la PGF2a, el cloprostenol. La beta endorfina podría liberarse como una respuesta al estrés asociado con el parto (Aurich *et al.*, 1993).

La secreción placentaria de la hormona liberadora de la corticotropina (CRH), ha sido propuesta para predecir la duración de la gestación en humanos, pues sus niveles sanguíneos estarían más elevados en casos en los cuales el parto llega prematuramente. Se indica además, que al final de la gestación, sus niveles aumentan de manera notable, marcando así el inicio del parto (Mclean *et al.*, 1995).

La relaxina, hormona producida por el ovario, hace que los tejidos del *cérvix* se hagan más blandos, que haya un crecimiento de los ligamentos

interpúbicos y sacrociáticos, así como del útero y la glándula mamaria. La relaxina, hormona producida por el ovario, puede actuar en la prevención del aumento prematuro de las contracciones uterinas, en sinergismo con los estrógenos (Downing y Hollingsworth, 1993).

En humanos, los niveles de activina A se ven aumentados con el advenimiento del parto y aunque se han encontrado receptores para este factor en las membranas fetales, incluido el trofoblasto, no se conoce el significado de este hallazgo (Petraglia *et al.*, 1995).

CONTRACCIONES UTERINAS

El parto resulta de las contracciones coordinadas y rítmicas del miometrio y de las correspondientes de los músculos abdominales (de carácter involuntario), además del relajamiento y apertura del canal pélvico.

Las contracciones uterinas son fuertes, dolorosas y se presentan cada 10 a 15 minutos. La madre se observa inquieta, pudiéndose detectar aumento en la frecuencia del pulso y la respiración, así como cambios de posición fetal (Hafez, 1989; Schroeder, 1989).

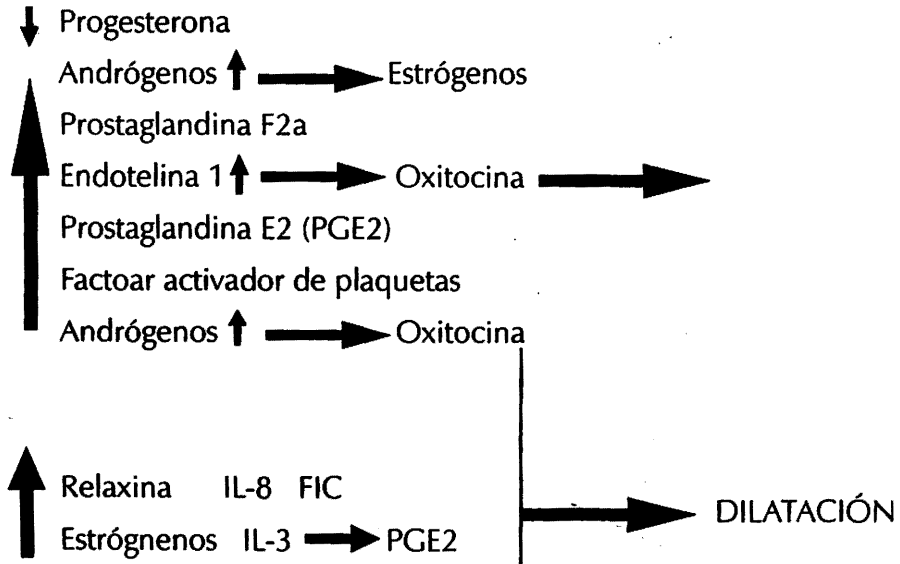
Al final de la gestación, el miometrio sufre contracciones arrítmicas y espontáneas en los sitios donde hay presencia de un feto, mas no así en las zonas donde no hay fetos, lo cual podría tener importancia en la preparación para mantener los movimientos respiratorios después del nacimiento (Ronca y Alberts, 1995).

Cuando se aproxima el parto, aumentan la amplitud, frecuencia, propagación y coordinación de los impulsos eléctricos atinentes a las contracciones uterinas (Garfield *et al.*, 1982).

Un mecanismo para facilitar la propagación de impulsos nerviosos por el aumento de comunicación intercelular, es el de la aparición de uniones de baja resistencia entre las células miometriales. En la oveja, tales uniones aumentan coincidentemente con el descenso en los niveles de P, que ocurren durante el parto y el aumento en los niveles de E, habiéndose establecido *in vitro* que la P disminuye y los E incrementan la formación de las uniones mencionadas (Garfield *et al.*, 1980) (Figura 2). Se han identificado dos conexinas que forman parte de las uniones intercelulares,

la conexina 43 y la 26. La primera aumenta sus niveles antes del parto en respuesta al descenso de los de la P y al incremento en el de los E, mientras que con la conexina 26 sucede lo contrario (Orsino et al., 1996). La capa circular del miometrio tiene un mayor control por parte de los esteroides, que la longitudinal (Douallabell et al., 1995).

Cuando se aproxima el parto, el miometrio se hace más sensible a la acción contráctil del factor activador de las plaquetas (Kim et al., 1995), lo cual se haría latente durante el parto (Yasuda et al., 1996) (Figura 2).



Las flechas verticales indican aumento o descenso de los niveles séricos. FIC

FIGURA 2. El parto: variaciones en los niveles séricos de hormonas y otros factores en la madre.

La endotelina-1 es otro compuesto que puede participar en la generación de las contracciones miométriales durante el parto (Yallampali y Garfield, 1994), potenciando la acción de la Ox (Valenzuela et al., 1995) (Figura 2).

La concentración de PGF2a en la superficie de las membranas fetales, posiblemente juega un papel crítico en la inducción y manutención de las contracciones miométriales que se asocian con el parto,

independientemente de las concentraciones de PGE del líquido amniótico (Kredenster et al., 1995). Entonces, en la parte fetal de la placenta la síntesis de los dos tipos de prostaglandina (F2a y E) aumenta al iniciarse el parto, independientemente de la secreción de esteroides (Brennand et al., 1995) (Figuras 1 y 2).

La Ox estimula la secreción de la PGF2a, lo cual se ha asociado a la presencia de los receptores de Ox en el epitelio uterino. El número de receptores de Ox aumenta al final de la gestación, no solamente en el endometrio, sino también en el miometrio (Wathes et al., 1996).

Posiblemente en el mecanismo inherente al inicio de las contracciones uterinas existe la participación de algunos andrógenos, los cuales estimulan la secreción de E y Ox por parte de la madre (Giussani et al., 1996) y en ratas que carecen del gen que codifica para el andrógeno 5 α -reducido, se presenta un defecto en el parto (Mahendroo et al., 1996).

Cuando se desencadena el mecanismo inherente a la generación de contracciones miométriales, es posible que el cortisol deprima la formación de la proteína asociada a la paratohormona, la cual inhibe las contracciones (Paspaliaris et al., 1995). Se ha establecido que puede existir un control neural para la iniciación de las contracciones uterinas, mediante la secreción de encefalinas (Adjroud, 1995).

DILATACIÓN DEL CÉRVIX

Los procesos de dilatación se inician en la última fase del período prodrómico en forma de contracciones llamadas dolores, o dolores preparentes; éstos empiezan a desplazar el líquido alantoideo el cual va dilatando el cérvix y la vagina. (Hafez, 1989 y Schroeder, 1989).

El cérvix se "borra" cuando finaliza este período; los líquidos placentarios dilatan el cuello uterino como si fuera una prensa hidráulica. También al finalizar este período las contracciones uterinas aceleradas desplazan la membrana alantoidea fuera de la comisura vulvar. De aquí en adelante la alantoides no resiste y se rompe, el líquido alantoideo se vierte al exterior y las contracciones uterinas se intensifican (Schroeder, 1989). En la vaca este período tarda de dos a seis horas (Hafez, 1989).

El ácido araquidónico, precursor de las prostaglandinas E2 y F2a, se sintetiza a partir de los fosfolípidos, por acción de la fosfolipasa A2. Las prostaglandinas mencionadas son intermediarios esenciales en la degradación (que media la colagenasa producida por células del estroma del *cérvix*) de la colágena tipo I, cambio que constituye un paso crítico en la dilatación del *cérvix* durante el parto. En curies se reportó un incremento significativo de la enzima fosfolipasa A2 al final de la gestación y especialmente antes del parto (Rajabi y Cybulsky, 1995; Rajabi y Singh, 1995; Rice, 1996).

La PGE ha sido utilizada para preparar el *cérvix* para el parto en mujeres (Shimizu *et al.*, 1994) y las membranas fetales producen esta prostaglandina, proceso inducido por la interleuquina-3 que se sintetiza en las membranas (Passeto *et al.*, 1993), con lo cual se plantea la posibilidad de que la PGE juegue un papel fisiológico en la dilatación del *cérvix*. El trofoblasto humano en preñeces a término, produce más interleuquina-6 y PGE2 que el trofoblasto obtenido de preñeces que fueron interrumpidas por cesárea, lo cual implica que estas sustancias juegan un papel importante en el proceso de la salida del feto a través del *cérvix* y vagina (Steinborn *et al.*, 1995) (Figura 1).

Osmers *et al.*, (1995) hallaron que los niveles sanguíneos de interleuquina-8 en el suero materno se elevaban durante el parto, en correlación con la secreción de las metaloproteinasas 8 y 9, enzimas que estarían participando en los cambios que suceden en las fibras colágenas para que haya dilatación cervical. Con relación a este aspecto, se encontró que la IL-8 se produce en el amniocorion (Fortunato *et al.*, 1995) (Figura 1).

Los E disminuyen la distensibilidad del *cérvix*, mientras que la relaxina tiene un efecto sobre el tejido cervical que lo hace blando y distensible (Cheah *et al.*, 1995) (Figura 2). En coincidencia con la remodelación del *cérvix*, hay aumento en el ARNm del factor insulínico de crecimiento y disminución en los receptores de E y P en el *cérvix* (Stjernholm *et al.*, 1996).

EXPULSIÓN DEL FETO

La membrana amniótica en la vaca se rompe por fuera de la vagina poco tiempo después de que ha ocurrido lo propio con la alantoides. El líquido amniótico lubrica el conducto obstétrico (Schroeder, 1989).

Una vez que la cabeza del feto se encaja en el canal para el parto, se dilatan el cérvix y la vagina, hecho que provoca una liberación refleja de oxitocina desde la glándula pituitaria posterior (se inicia el reflejo neurohumoral o de Ferguson) de la madre. Esta liberación de oxitocina provoca, junto con las prostaglandinas uterinas, las potentes contracciones abdominales características del parto (pujo) que impulsan al feto a través del canal cervical (Hunter, 1987; Hafez, 1989).

La vaca requiere unas 60 contracciones de la musculatura abdominal para expulsar el feto. Entre cada una de estas contracciones existe un descanso de casi un minuto (Schroeder, 1989). El feto envuelto por el amnios es empujado a través del conducto del parto y aparece en la vulva. Conforme continúa el pujo, se rompe el amnios (Hafez, 1989).

A medida que el tronco y la cadera del feto pasan por el canal obstétrico, las contracciones de la musculatura abdominal se hacen cada vez más violentas, la vaca se agita, presenta polipnea, saca la lengua, estira las extremidades y gira el globo ocular. Durante el paso por el conducto obstétrico el cordón umbilical de los terneros se rompe. Este período finaliza cuando el feto sale (Schroeder, 1989). La expulsión del feto puede tardar de media a una hora después de la dilatación cervical (Hafez, 1989).

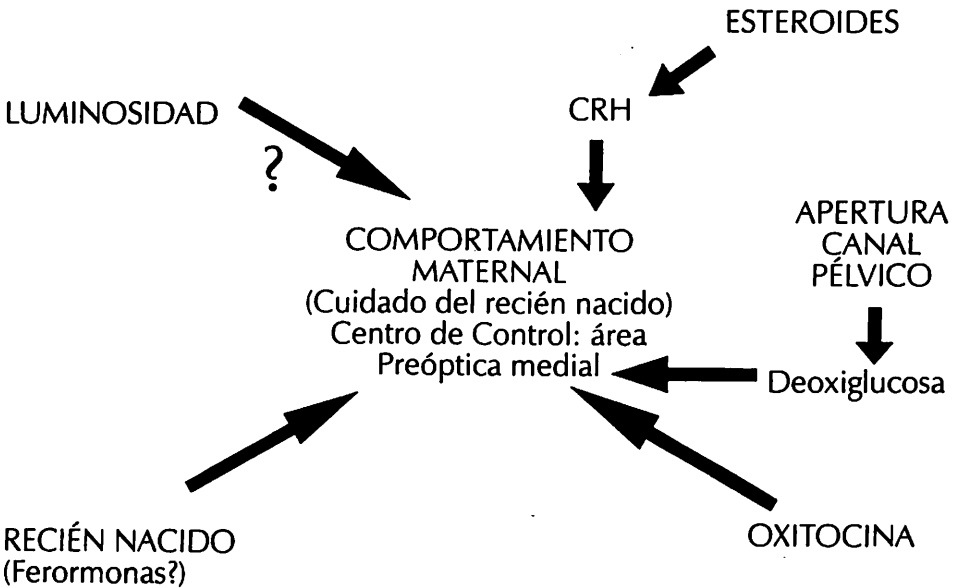
EXPULSIÓN DE LA PLACENTA

Este período va desde el nacimiento del feto hasta cuando ocurre la expulsión de la placenta. Después de la expulsión del feto continúan las contracciones uterinas rítmicas y se produce la inversión de la corioalantoides en rumiantes (Hafez, 1989).

Durante este estadio viene un promedio de 10 contracciones cada 30 minutos, teniendo una duración aproximada de dos minutos por contracción. La expulsión de la placenta en la vaca es más lenta debido a la presencia de los cotiledones (Schroeder, 1989). Este período en la vaca puede tardar de 6 a 12 horas (Hafez, 1989).

INFLUENCIAS EXTERNAS

Aparentemente puede existir ritmicidad en la aparición del parto, por cuanto en algunos mamíferos que están activos durante el día, el parto sucede en las horas de oscuridad; lo contrario ocurre en animales nocturnos. Aun cuando no se sabe exactamente por qué sucede esto, es posible que esté relacionado con la ritmicidad en la secreción de hormonas, por cuanto los niveles de muchas de ellas varían de acuerdo con la luminosidad (Ducsay, 1996) (Figura 3).



Los factores indicados representan estímulos

FIGURA 3. El parto: Influencias intra y extracorporales.

Por otro lado, se ha encontrado que el comportamiento materno se activa por la presencia del recién nacido, pues tal vez debido a la secreción de una sustancia por parte del recién nacido, se reduce la actividad de una vía inhibitoria que va a través del órgano vomeronasal hacia el área preóptica medial, donde hay mayor actividad neuronal cuando existe un comportamiento materno. En adición a lo anterior, con la apertura del canal pélvico durante el parto se generarían estímulos sensoriales hacia el

área preóptica medial, mediados por un aumento en los niveles de deoxiglucosa (Delcerro *et al.*, 1995). Recientemente se reportó que la Ox liberada en el núcleo paraventricular del hipotálamo inducía el comportamiento maternal (DaCosta *et al.*, 1996). En el mismo sentido, Neumann *et al.* (1996) encontraron que mediante un mecanismo de retroalimentación positiva intrahipotalámico, la Ox a través de receptores, induciría su propia liberación durante el parto, lo cual podría tener importancia en el desarrollo del parto, sin afectar los niveles sanguíneos de Ox. Esta hormona liberada dentro del núcleo supraóptico podría tener importancia en la activación coordinada de las neuronas productoras de Ox y del sinergismo entre el nivel central y el periférico que regula la función de la Ox durante el parto, importante para la supervivencia del recién nacido, incluyendo el comienzo de la lactación. Broad *et al.* (1995) reportan que el comportamiento maternal está controlado por los esteroides, mediante la acción de la CRH en el núcleo paraventricular y la estría terminal (Figura 3).

Aunque en los últimos años se ha avanzado notablemente en el conocimiento de los procesos biológicos inherentes al parto, todavía existen vacíos importantes acerca de la injerencia de los mecanismos neuroendocrinos que mantienen la gestación y desencadenan el parto. Su comprensión se torna cada vez más difícil, si se tienen en cuenta las intrincadas relaciones puestas en evidencia recientemente entre los factores hormonales, neurales e inmunológicos para el mantenimiento de la homeocinesis corporal.

En el conocimiento de las variables medio-ambientales relacionadas con la fisiología reproductiva y en particular con el parto, tales como temperatura, luminosidad, fotoperíodo y humedad relativa, cabe suponer que el aporte de los gineco-obstetras veterinarios es a todas luces invaluable, en la medida en que haya una sistematización y divulgación de sus conocimientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Adjroud, O.** 1995. Peripheral excitatory effects of two enkephalinase inhibitors, acetorphan and thiorphan, and an enkephalin analogue, [D-Ala(2)-Met(5)]-enkephalinamide, on uterine motility in periparturient rats *in vivo* and *in vitro*. *J. Reprod. Fertil.* **104**: 181-186.
2. **Aurich, J.E.; Dobrinski, Y.; Hoppen, H-O.; Grunert, E.** 1993. Stimulation of release of beta-endorphin and oxytocin by prostaglandin F2alpha in cattle at parturition. *J. Reprod. Fertil.* **97**:161-166.
3. **Bazer, F.W.; First, N.** 1983. Pregnancy and parturition. *J. Animal Sci.* **57**, suppl 2: 425.
4. **Buonocore, G.; Defilippo, M.; Gioia, D.; Picciolini, E.; Luzzi, E.; Bocci, V.; Bracci, R.** 1995. Maternal and neonatal plasma cytokine levels in relation to mode of delivery. *Biol. Neonate.* **68**: 104-110.
5. **Brennand, J. E.; Leask, R.; Kelly, R.W.; Greer, I.A.; Calder, A.A.** 1995. Changes in prostaglandin synthesis and metabolism associated with labour, and the influence of dexamethasone, RU 486 and progesterone. *Eur. J. Endocrinol.* **133**: 527.
6. **Broad, K.D.; Keverne, E.B.; Kendrick, K.M.** 1995. Corticotrophin releasing factor mRNA expression in the sheep brain during pregnancy, parturition and lactation and following exogenous progesterone and oestrogen treatment. *Mol. Brain Res.* **29**:310-316.
7. **Cely, J.; Díaz, C.; Olivera, M.** 1990. Desempeño reproductivo de vacas Brahman puras en hatos del sur del Cesar-Santander. *Revista El Cebú (Colombia)*, **252**: 46-49.
8. **Challis, J.R.G.; Lye, S.J.** 1994. Parturition. In: *The Physiology of reproduction*. 2nd Ed. Ed. Knobil, E.; Neil, J.D. Chapter 55. Raven Press Ltd. New York, pp 985-1031.
9. **Cheah, S. H.; Ng, K.H.; Johgalingam, V.T.; Ragavan, M.** 1995. The effects of oestradiol and relaxin on extensibility and collagen organisation of the pregnant rat cervix. *J. Endocrinol.* **146**: 331-337.

10. **DaCosta, A.P.C.; Guevara-Guzmán, R.G.; Ohkura, S.; Goode, J.A.; Kendrick, K.M.** 1996. The role of oxytocin release in the paraventricular nucleus in the control of maternal behaviour in the sheep. *J. Neuroendocrinol.* **8**:163-177.
11. **Dehning, R.** 1994. Diagnóstico y mejoramiento de la fertilidad en el hato. CICADEP. Series monográficas, No. 2, 53 p. Citado por: Serrano, G.E., Méndez, L.E.; Cardona, J.F. y Ponce, E. Análisis de la información obtenida en explotaciones bovinas: estudio de caso en el hato comercial de Tibaitatá. *Revista del CEISA (Colombia).* **1**(1y2): 100-122 .
12. **Delcerro, M. C. R.; Izquierdo, M.A.P.; Rosenblatt, J.S.; Johnson, B.M.; Pacheco, P.; Komisaruk, B.R.** 1995. Brain 2-deoxyglucose levels related to maternal behavior-inducing stimuli in the rat. *Brain Res.* **696**: 213-220 .
13. **Douallabell, F.; Lye, S.J.; Labrie, F.; Fortier, M.A.** 1995. Differential expression and regulation of connexin-43 and cell-cell coupling in myocytes from the circular and longitudinal layers of bovine myometrium. *Endocrinology* **136**: 5322-5328.
14. **Downing, S.J.; Hollingsworth, M.** 1993. Action of relaxin on uterine contractions-a review. *J. Reprod. Fertil.* **99**:275-282.
15. **Ducsay, C.A.** 1996. Rhythms and parturition. *Endocrinologist* **6**:37-43.
16. **Fortunato, S. J.; Menon, R.; Swan, K.F.** 1995. Amniochorion: A source of interleukin-8. *Am. J. Reprod. Immunol.* **34**: 156-162.
17. **Garfield, R.E.; Merrett, D.; Grover, A.K.** 1980. Studies on gap junction formation and regulation in myometrium. *Amer. J. Physiol.* **239**: C217. Citado por: Bazer, F.W. and First, N. 1983. Pregnancy and parturition. *J. Animal Sci.* **57**, suppl **2**: 425.
18. **Garfield, R.E.; Puri, C.P.; Csapo, A.I.** 1982. Endocrine, structural and functional changes in the uterus during premature labor. *Am. J. Obst. Gynecol.* **142**:21.
19. **Giussani, D.A.; Jenkins, C.L.; Mecnas, S.A.; Winter, J.A.; Honnebier, M.B.O.M.; Wu, W.; Nathanielsz, P.W.** 1996. Daily and hourly tem-

poral association between delta(4)-androstenedione-induced preterm myometrial contractions and maternal plasma estradiol and oxytocin concentrations in the 0.8 gestation rhesus monkey. *Am. J. Obstet. Gynecol.* **174**:1050-1055.

20. **González, F.; Ortiz, J.; Martínez, G.; Huertas, H.B.** 1992. Más leche con Sanmartinero en ganaderías de doble propósito. *Carta Ganadera (Colombia)*. **XXIX(5)**:4-12.
21. **González, M.; Espitia, A.; Prieto, E.; Castro, A.** 1995. Edad y peso a la pubertad en novillas romosinuano, cebú y sus cruces en el valle del Sinú. *Revista del CEISA (Colombia)*, **2(2)**: 70-81.
22. **Hafez, E.S.E.** 1989. *Reproducción e inseminación artificial en animales*. Editorial Interamericana, 5a ed., México, 694 p.
23. **Hernández, G.; Alvarado, L.** 1987. Características reproductivas y productivas de F1 Holstein-Cebú y Holstein-Criollo en el trópico colombiano. *Revista ICA (Colombia)* **22(3)**: 135-141.
24. **Hernández, G.; Alvarado, L.** 1990. Características reproductivas y productivas de F1 Holstein-Cebú y Holstein-Criollo en el trópico colombiano. In: *Ganadería de doble propósito. Curso nacional, Turipaná, Montería*. Instituto Colombiano Agropecuario, Santafé de Bogotá, pp 347-374.
25. **Hernández, G.** 1993. Producción de leche y carne con ganado cruzado. In: *Actualidades técnicas. Producción pecuaria (Compendio - No. 2)*. Instituto Colombiano Agropecuario, **8(1)**: 1-4.
26. **Hunter, R.H.F.** 1987. *Reproducción de los animales de granja*. Acribia, Zaragoza, 200 p.
27. **Ivell, R.; Rust, W.; Einspanier, A.; Hartung, S.; Fields, M.; Fuchs, A.R.** 1995. Oxytocin and oxytocin receptor gene expression in the reproductive tract of the pregnant cow: Rescue of luteal oxytocin production at term. *Biol. Reprod.* **53**: 553.

28. **Kim, B. K.; Ozaki, H.; Lee, S.M.; Karaki, H.** 1995. Increased sensitivity of rat myometrium to the contractile effect of platelet activating factor before delivery. *Br. J. Pharmacol.* **115**: 1211-1214.
29. **Kleeman, G.** 1982. Situación actual y potencial de la producción lechera en explotaciones de doble propósito en el piedemonte llanero (Meta, Colombia). *Seminario para el desarrollo agropecuario*. Instituto de Economía Social del Desarrollo Agropecuario. Universidad Técnica de Berlín. Berlín, pp. 113-114.
30. **Kredentser, J. V.; Embree, J.E.; Mccoshen, J.A.** 1995. Prostaglandin F-2 alpha output by amnion-chorion-decidua: Relationship with labor and prostaglandin E(2) concentration at the amniotic surface. *Am. J. Obstet. Gynecol.* **173**: 199-204.
31. **Liggins, G.C.** 1969. The foetal role in the initiation of parturition in the ewe. In: Foetal autonomy (Ciba foundation symposium). Ed. Wholstenholme, G.W.E. and O Connor, M. Churchill. London, 218 p.
32. **Liggins, G.C.** 1994. The role of cortisol in preparing the fetus for birth. *Reprod. Fertil Dev.* **6**:141.
33. **Magyar, D.M.; Fridshal, D.; Elsner, C.W.** 1980. Time trend analysis of plasma cortisol concentrations in the fetal sheep in relation to parturition. *Endocrinology* **107**:155. Citado por: Challis, J.R.G. and Lye, S.J. 1994. In: Parturition. The physiology of reproduction. 2nd ed. De. Knobil, E. and Neil, J.D. Chapter 55. Raven Press Ltd. New York.
34. **Mahendroo, M. S.; Cala, K. M.; Russell, D. W.** 1996. 5 alpha-Reduced androgens play a key role in murine parturition. *Mol. Endocrinol.* **10**: 380-392.
35. **McDonald, L.E.** 1980. Veterinary endocrinology and reproduction. Lea & Febiger, 3a ed., Philadelphia, 560 p.
36. **McDowell, R.E.** 1974. Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales. Editorial Acribia, Zaragoza, España, pp. 324-351. Citado por: Hernández, G.; Alvarado, L. 1990. Características reproductivas y productivas de F1 Holstein-Cebú y Holstein-Criollo en el trópico colombiano. In: *Ganadería de doble propósito. Curso nacio-*

nal, Turipaná, Montería. Instituto Colombiano Agropecuario, Santafé de Bogotá, pp. 347-374.

37. **McClean, M.; Bisits, A.; Davies, A.J.; Woods, R.; Lowry, P.; Smith, R.** 1995. A placental clock controlling the length of human pregnancy. *Nature Med.* **1**: 460.
38. **McMillen, I. C.; Phillips, I. D.; Ross, J. T.; Robinson, J. S. Owens, J.A.** 1995. Chronic stress - The key to parturition? *Reprod. Fert. Develop.* **7**: 499-507.
39. **Méndez, L.E.** 1986. Composición del hato lechero. Algunos aspectos que hacen una mayor eficiencia económica en el manejo del hato lechero. *Revista ACOVEZ (Colombia)*, **16**(36): 18-22.
40. **Mitchell, M. D.; Romero, R.J.; Edwin, S.S.; Trautman, M.S.** 1995. Prostaglandins and parturition. *Reprod. Fert. Develop.* **7**: 623-632.
41. **Navarrete, S.M.; Abuabara, Y.; Mendoza, G.; Martínez, G.; Corredor, G.; Serrano, G.; Dueña, G.** 1995. *Avances en monitoreo ganadero.* Córdoba. Proyecto Colombo Alemán-Corpoica-GTZ. Asistencia Técnica Integral Pecuaria. Montería, 14 p.
42. **Neumann, I.; Douglas, A.J.; Pittman, Q.J.; Russell, J.A.; Landgraf, R.** 1996. Oxytocin released within the supraoptic nucleus of the rat brain by positive feedback action is involved in parturition-related events. *J. Neuroendocrinol.* **8**:227-233.
43. **Orsino, A.; Taylor, C.V.; Lye, S.J.** 1996. Connexin -26 and connexin -43 are differentially expressed and regulated in the rat myometrium throughout late pregnancy and with the onset of labor. *Endocrinology* **137**:1545-1553.
44. **Osmers, R.G.W.; Blaser, J.; Kuhn, W.; Tschesche, H.** 1995. Interleukin-8 synthesis and the onset of labor. *Obstet. Gynecol.* **86**: 223-229.
45. **Pasetto, N.; C. Ticconi, C.; Zicari, A. Pontieri, G.; Piccione, E.** 1993. Interleukin-3 stimulates prostaglandin E2 release by human fetal membranes at term gestation. *J. Reprod. Immunol.* **25**: 185-188.

46. **Paspaliaris, V.; Petersen, D. N.; Thiede, M.A.** 1995. Steroid regulation of parathyroid hormone-related protein expression and action in the rat uterus. *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* **53**: 259-265.
47. **Petraglia, F.; Gallinelli, A.; Devita, D.; Lewis, K.; Mathews, L. Vale, W.** 1994. Activin at parturition: Changes of maternal serum levels and evidence for binding sites in placenta and fetal membranes. *Obstet. Gynecol.* **84**: 278-282.
48. **Rajabi, M. R.; Cybulsky, A.V.** 1995. Phospholipase A(2)-activity is increased in guinea pig uterine cervix in late pregnancy and at parturition. *Amer. J. Physiol-Endocrinol. Met.* **32**: E940-E947.
49. **Rajabi, M. R.; Singh, A.** 1995. Cell origin and paracrine control of interstitial collagenase in the guinea pig uterine cervix - Evidence for a low molecular weight epithelial cell-derived collagenase stimulator. *Biol. Reprod.* **52**: 516-523.
50. **Rice, G.E.** 1996. Secretory type phospholipase A(2) and the generation of intrauterine signals. *Reprod. Fert. Develop.* **7**:1471-1479.
51. **Ronca, A. E.; Alberts, J. R.** 1995. Simulated uterine contractions facilitate fetal and newborn respiratory behavior in rats. *Physiol. Behav.* **58**: 1035.
52. **Sánchez, J.; Pardo, O.** 1987. Evaluación de leche y/o carne de diferentes grupos raciales en el bajo Sinú colombiano. Ecosistema bajo medio del Sinú. Tesis. Medicina Veterinaria. Universidad Nacional, Bogotá. Citado por: Hernández, G.; Alvarado, L. 1990. Características reproductivas y productivas de F1 Holstein-Cebú y Holstein-Criollo en el trópico colombiano. In: Ganadería de doble propósito. *Curso nacional, Turipaná, Montería.* Instituto Colombiano Agropecuario, Santafé de Bogotá, pp 347-374.
53. **Schroeder, H.** 1989. Tratado de obstetricia veterinaria. Universidad Nacional de Colombia, 4a ed., Bogotá, 354 p.
54. **Serrano, G.E.; Méndez, L.E.; Cardona, J.F.; Ponce, E.** 1994. Análisis de la información obtenida en explotaciones bovinas: estudio de caso en el hato comercial de Tibaitatá. *Revista del CEISA (Colombia)*, **1**(1y2): 100-122.

55. Shimizu, K.; Nozaki, M.; Oshima, K. 1994. Cervical ripening and uterine contraction induced by prostaglandin-E2 Gel in pregnant Japanese monkeys (*Macaca fuscata fuscata*). *J. Med. Primatol.* **23**: 23-31.
56. Steinborn, A. H.; Gunes, H.; Halberstadt, E. 1995. Signal for term parturition is of trophoblast and therefore of fetal origin. *Prostaglandins*, **50**:237-252.
57. Stjernholm, Y.; Sahlin, L.S.; Akerberg, S.; Elinder, A.; Eriksson, H.A.; Malstrom, A.; Ekman, G. 1996. Cervical ripening in humans: Potential roles of estrogen, progesterone, and insulin-growth factor-I. *Am. J. Obstet. Gynecol.* **174**:1065-1071.
58. Terblanche, H.M.; Labuschagne, J.M. 1981. Plasma progesterone in cattle. II. Levels during the oestrous cycle, pregnancy and parturition. *J. South African Vet. Assn.* **52**(3):187-189.
59. Tsumagari, S.; Kamata, J.; Takagi, K.; Tanemura, K.; Yosai, A.; Takeishi, M. 1993. Aromatase activity and oestrogen concentrations in bovine cotyledons and caruncles during gestation and parturition. *J. Reprod. Fertil.* **98**:631-636.
60. Valenzuela, G.J.; Hewitt, C.W.; Ducsay, C.A. 1995. Endothelin-1 potentiates the *in vitro* contractile response of pregnant human myometrium to oxytocin. *Am. J. Obstet. Gynecol.* **172**:1573-1576.
61. Yallampali, Ch.; Garfield, R.E. 1994. Uterine contractile responses to endothelin-1 receptors are elevated during labor. *Biol. Reprod.* **51**:640-645.
62. Yasuda, K.; Furukawa, M.; Johnston, J.M. 1996. Effect of estrogens on plasma platelet-activating factor acetylhydrolase and the timing of parturition in the rat. *Biol. Reprod.* **54**: 224-228.
63. Wathes, D. C.; Smith, H.F.; Leung, S.T.; Stevenson, K.R.; Meier, S.; G. Jenkin. 1996. Oxytocin receptor development in ovine uterus and cervix throughout pregnancy and at parturition as determined by *in situ* hybridization analysis. *J. Reprod. Fertil.* **106**: 23-31.
64. Wu, W. X.; Verbalis, J.G.; Hoffman, G.E.; Derks, J.B.; Nathanielsz, P.W. 1996. Characterization of oxytocin receptor expression and distribution in the pregnant sheep uterus. *Endocrinology* **137**: 722-728.