

# 5. Fisiología de posparto

*Aureliano Hernández Vásquez*  
*Agustín Góngora Orjuela*

## Introducción

El posparto es el periodo que transcurre entre el parto y el final de la involución uterina, lo cual ocurre alrededor del día 40. Este es un periodo crítico como antesala para la próxima gestación, ya que se deben cumplir exitosamente cuatro eventos: la involución uterina, la regeneración del endometrio, el retorno de la actividad cíclica del ovario y la eliminación de la contaminación bacteriana (Sheldom 2004). Numerosos factores afectan la fisiología posparto entre ellos el parto, la nutrición, el amamantamiento, la presencia del ternero, las infecciones uterinas, la organización social, entre otros.

El objetivo de este capítulo es describir los aspectos más importantes de la fisiología del posparto y revisar algunas estrategias para disminuir el anestro posparto, condición que es considerada la mayor limitante de la eficiencia reproductiva principalmente a nivel del trópico y que es responsable de grandes pérdidas económicas a la industria ganadera.

## **5.1 Fisiología reproductiva posparto**

Una vez que ha ocurrido el parto normal o eutócico, el útero debe regresar a su condición de no gestante; sin embargo, la preñez deja ciertos cambios en su morfología que persistirán en el tiempo. Al final del parto hay poca cantidad de hormona luteinizante (LH) en las células basófilas de la adenohipófisis, como consecuencia de los altos niveles de estrógenos (E2) de origen placentario, que causan inhibición de la síntesis de la subunidad  $\alpha$  y en menor grado de la subunidad  $\beta$  de la LH. Al contrario de lo que ocurre con la LH, el almacenamiento y liberación de la FSH no se afecta durante el posparto (Williams, 2002). Una vez ocurre el parto, se presenta una rápida disminución de los niveles de E2, con lo cual aumenta la cantidad almacenada de LH en la adenohipófisis en un tiempo no menor de 2-3 semanas (Lamming et al., 1981; Nett et al., 1988), a partir de un estímulo moderado por parte de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH). Transcurrido este periodo, la secreción pulsátil de LH se incrementa restableciéndose la ovulación.

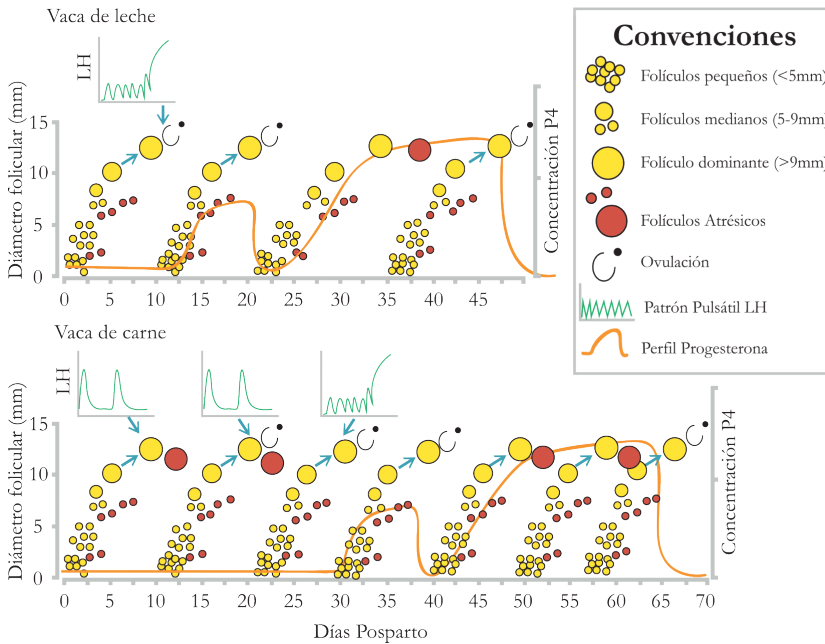
En términos fisiológicos el posparto es un regreso al ciclo ovárico o estral, de alguna manera similar, en lo endocrinológico, a la pubertad. Por lo tanto, se observa durante su ocurrencia, un periodo de inestabilidad en la secreción de las hormonas y finalmente se reinician los ciclos ováricos normales. La emergencia de las ondas de crecimiento folicular en el ovario, ocurre rápidamente después del parto (Bó et al., 2003); estas ondas se caracterizan por un rápido aumento de FSH seguido por la emergencia de la primera onda de crecimiento de folículos, entre los días 2 a 7 del posparto (Wiltbank et al., 2002). Sin embargo, los folículos dominantes (FD) no alcanzan la maduración final debido a la ausencia de un patrón apropiado de secreción de LH y finalmente se atresian (Yavas and Walton, 2000).

La ovulación del FD de la primera onda ocurre cuando hay adecuados pulsos de LH (aproximadamente 1 pulso/hora), lo que permite su crecimiento y aumento de producción de E2, la ocurrencia del pico preovulatorio de LH y finalmente la ovulación.

Para que ocurra con seguridad este evento, deberán producirse ciertos cambios locales en el flujo sanguíneo dentro del ovario, los cuales están relacionados con la biosíntesis de las prostaglandinas (PGs), de los esteroides, la angiotensina II (Ang II), la endotelina-1 (ET-1) y el péptido natriurético atrial, los cuales, con-

juntamente, modulan el tono vascular (Murdoch et al., 1986; Acosta et al., 2002).

Existen diferencias en el reinicio de la ciclicidad ovárica entre vacas para leche y para carne, en las primeras, sin que ocurra estrés nutricional, la ovulación del primer FD ocurre aproximadamente a los 15 días, mientras en las vacas para carne amamantando en buena condición corporal (CC) presentaron  $3.2 \pm 0.2$  FD antes de la primera ovulación (aproximadamente 30 días); sin embargo, cuando la CC



fue baja, tuvieron  $10.6 \pm 1.2$  FD antes de la primera ovulación (aproximadamente 70-100 días) (Crowe et al., 2014). Figura 1.

**Figura 1.** Representación esquemática del reinicio de los folículos dominantes y ciclos ováricos durante el periodo posparto en vacas de leche y para carne sin estrés nutricional. La frecuencia de los picos de LH fueron determinados durante una ventana de 8 horas con muestreo sanguíneo cada 15 minutos. Los ciclos estrales cortos ocurrieron en más del 70 % de las vacas, pero no en todas después de la primera ovulación. Crowe et al., 2014 (*Animal* 2014; 8:s1: 40–53).

El primer ciclo estral posparto de la vaca es generalmente irregular, se caracteriza porque puede ocurrir una ovulación sin que el animal presente signos de estro, porque puede haber lisis temprana del cuerpo lúteo y menores concentraciones

séricas de progesterona (P4) (Murphy et al., 1990; McDougall et al., 1995a; Toribio et al., 1995).

Velásquez et al. (2000) observaron en vacas de la raza Sanmartinera bajo amantamiento continuo, la presencia de ciclos estrales de poca duración. Breuel et al (1993) sugieren que la P4, producto de la primera ovulación posparto, es de vital importancia en la transición del anestro a la actividad cíclica normal. Se notó baja fertilidad subsiguiente a un ciclo estral de menor duración, la que tendría su origen en la regresión prematura del cuerpo lúteo, un oocito defectuoso, alteración del microambiente del oviducto o del útero, que no favorecería el desarrollo del embrión (Breuel et al., 1993). Graves et al., 1968 reportaron una baja fertilidad después de la primera ovulación espontánea posparto, así como sucede en forma inducida por el destete (Ode et al., 1980; Ramírez- Godínez et al., 1981).

## **5.2 Factores que afectan la fisiología posparto**

### **5.2.1 Infecciones uterinas**

La actividad reproductiva posparto se ve seriamente comprometida por las infecciones uterinas. Durante el parto, como consecuencia de la apertura del cérvix para dar paso a la expulsión del feto, ocurre una rápida y amplia invasión de bacterias provenientes del medio ambiente; sin embargo, a medida que transcurre el posparto la mayoría de bacterias son eliminadas durante las cinco primeras semanas y solo entre 10-17 % de vacas persisten algunas bacterias que ocasionan enfermedad uterina (LeBlanc et al. 2002; Borsberry y Dobson, 1989 ). No se conoce con certeza las razones de la persistencia bacteriana en estas vacas, aunque se ha especulado que pueda estar relacionada con una mayor carga bacteriana o una que alteración del sistema inmune local (Hansen, 2013).

La presencia continua de bacterias en el útero, ocasiona un proceso inflamatorio y lesiones histológicas, que tendrán efecto sobre la involución uterina y una alteración del medio ambiente que afectan la sobrevivencia del embrión (Bonnett et al., 1991). Adicional a esto, ciertos productos bacterianos y/o mediadores de la respuesta inflamatoria ocasionan alteración del desarrollo folicular y la supresión de LH que afecta la ovulación (Sheldon et al., 2002; Peter y Bosu 1988; Peter et al., 1989). Otro mecanismo que puede verse alterado es la luteólisis en vacas cíclicas lo que induce una prolongación de la fase luteal debido al cambio en la secreción de PG ya que el endometrio en lugar de secretar protaglandina F2 alfa secreta PG E2 ( Williams et al 2008b; Herath et al., 2009; Williams, 2013).

En ganado de leche se encontró una asociación entre la enfermedad uterina con la presencia del lipopolisacárido (LPS) en el líquido folicular, menor crecimiento de los folículos dominantes, menor secreción de estradiol y un mayor riesgo de sufrir anestro o enfermedad quística ovárica (Sheldon et al., 2002; Opsomer et al., 2000; Sheldon et al., 2014).

### **5.2.2 Efecto de la nutrición pre y posparto**

Se ha evidenciado una estrecha relación entre la nutrición y el desempeño reproductivo posparto. De forma general se ha aceptado que la CC es un buen indicador del estado nutricional de las vacas, ya que refleja las reservas de grasa corporal necesarias para el metabolismo basal, crecimiento y lactación (Wright et al., 1987). La baja CC de la vaca cuando se aproxima el parto, tiene un mayor efecto negativo que la pérdida de CC en el posparto (Bishop et al., 1993).

Se ha demostrado que la CC inmediatamente antes del parto influencia la lactancia, la salud y la fertilidad en vacas de alta producción láctea (Gearhart et al., 1990; Ruegg et al., 1992; Waltner et al., 1993; Ruegg y Milton, 1995; Heuer et al., 1999). Igualmente, aquellas vacas que llegan al parto con bajo peso corporal, tienen un mayor intervalo parto-primero estro y parto-ovulación (Williams, 2002). Por lo tanto, una pobre nutrición o un inadecuado consumo de nutrientes para suplir las demandas metabólicas, es una causa importante de anestro prolongado (Joly et al., 1995; Bó et al., 2003).

La restricción nutricional, en vacas para producción de carne en el último tercio de la gestación, se asoció con la ausencia de folículos ováricos en crecimiento de un tamaño  $\geq 5$  mm en el posparto (Perry et al., 1991; Jolly, 1992). En vacas de las mismas características con restricción de energía pre y posparto, se reportó ausencia de folículos  $\geq 8$  mm los cuales persistieron por un tiempo prolongado, posiblemente por la ausencia de un FD (Perry et al., 1991).

Una CC muy alta, inmediatamente antes del parto, especialmente en ganado lechero, puede llevar a la presentación de distocias o de enfermedades metabólicas, menor producción de leche y la ocurrencia de fallas reproductivas (Edmonson et al., 1989). Es poco probable que bajo las condiciones de pastoreo continuo en que se mantiene la mayor parte del ganado cebú o de doble propósito en el trópico, ocurra un exceso de CC al parto (Montiel, 2001).

Se ha visto que la ovulación que resulta del crecimiento del FD de la primera

onda de crecimiento folicular ocurre en el 74 % de vacas Holstein con buena alimentación (Savio et al., 1990), 42% en vacas Holstein de alta producción (Bean y Butler, 1997) y solamente 11 % de vacas para carne en amamantamiento (Murphy et al., 1990).

Es evidente que en muchas de regiones de Colombia las vacas llegan con una pobre CC al parto, producto de la gran variación en la oferta de nutrientes, que se ve afectado por la disponibilidad de forraje, en tanto es dependiente del régimen de lluvias propio para cada región.

En cuanto al efecto de la nutrición posparto sobre la duración del anestro, algunos investigadores no han observado efecto (Wettemann et al., 1986; Wright et al., 1992), para otros, las consecuencias son irrefutables (Rutter y Randel, 1984; Wright et al., 1987). Esta controversia se podría explicar por las interacciones entre la nutrición pre y posparto con el balance energético, la CC, la producción de leche y el amamantamiento, además de otros factores ambientales (Montiel y Aluja, 2005).

Algunos autores han reportado, en ganado lechero, un efecto significativo entre el balance energético en las primeras semanas después del parto y el lapso que transcurre entre el parto y la primera ovulación (Butler et al., 1981; Allrich et al., 1987), mientras otros no reportan relación alguna (Villa-Godoy et al., 1988; Spicer et al., 1990). Coincidiendo con estos últimos, Canfield et al. (1990) y Canfield y Butler (1991), observaron que la primera ovulación ocurría entre los 10 y 14 días posparto, solamente después de haber alcanzado el punto máximo del balance energético negativo.

Se cree que el estado nutricional tiene influencia directa sobre el sistema nervioso central, mediante señales que ejercen allí ciertos péptidos producidos en el cerebro y en órganos periféricos, como la leptina y el neuropéptido Y (NPY) (Keisler et al., 2002). Se han identificado nuevas moléculas conocidas como adipocinas entre las que se destacan la leptina, la adiponectina y la resistina que podrían participar en la información que debe recibir el sistema nervioso en el contexto planteado (Ruiz Cortés et al., 2002, Mitchell et al., 2005).

La leptina es un péptido de 16 Kd producido principalmente por el tejido graso y tiene gran influencia en la secreción de LH vía hipotalámica (Kadokawa et al., 2006). El NPY es su principal mediador en el cerebro. Cuando se presentan deficiencias energéticas agudas, la secreción y síntesis de leptina disminuye. Con-

secuentemente, en el encéfalo se incrementa la función del NPY y se estimula el apetito (Williams, 2002; Barb y Kraeling, 2004).

Una continua pérdida de peso lleva finalmente a la disminución en la síntesis y secreción de leptina debido a la pérdida de tejido graso. Se ha reconocido el papel de la leptina no solamente durante la pubertad y el posparto (Barb y Kraeling, 2004; Kadokawa et al., 2006), sino durante la implantación embrionaria en el ratón y el bovino (Yang et al., 2006; Gentry et al., 2012), además de efectos estacionales (García et al., 2002); sin embargo, se considera que no es la única molécula involucrada en este complejo proceso.

La resistina es un polipéptido de 114 aminoácidos producido probablemente por los preadipocitos (Kim et al., 2001), la cual circula como un homodímero unido por puentes disulfuro (Steppan et al., 2001; Mitchell et al., 2005). Se cree que su función es aumentar la resistencia a la insulina en los tejidos periféricos. Por lo tanto, su expresión es estimulada por dicha hormona. La activación del gen de la resistina es modulada por los andrógenos (Ling et al., 2001). Aunque la resistina podría participar en el control de la reproducción, aún no se sabe nada al respecto.

La adiponectina es una proteína de 30 Kd que posee un dominio de colágeno, un dominio globular y una estructura similar a la familia del factor de necrosis tumoral (TNF) (Shapiro y Scherer, 1998). El efecto de la adiponectina es aumentar la sensibilidad de los tejidos periféricos a la insulina; en ratones diabéticos reduce transitoriamente los niveles de glucosa, suprimiendo su producción (Berg et al., 2001). La adiponectina es la adipocina de mayor abundancia en la circulación sanguínea, además presenta actividad antiinflamatoria (Heinz et al., 2015).

Hay un conocimiento incipiente acerca de otras moléculas que podrían participar en la fisiología del posparto, como la somatotropina (ST) y el factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 (IGF-1). Después del parto y conforme avanza la lactancia, las concentraciones de ST se incrementan, mientras las de IGF-1 disminuyen por varias semanas (Cohick, 1998). A la vez, el IGF-1 se ha asociado con la disminución de los niveles de insulina y glucosa (Grumer, 1995; Vicini et al., 1991; Wathes, 2012), sin que se conozca exactamente los mecanismos de estas interrelaciones.

Una restricción nutricional preparto resulta en el aumento de las concentraciones séricas de GH y disminución en IGF-1 después del parto, por lo que estos cambios afectarían la regulación de estas hormonas en el eje hipotálamo-hipófisis en

forma similar a lo que ocurre cuando se presenta un balance energético negativo (Roberts et al., 1997).

Se ha postulado que en el posparto, el crecimiento folicular y la esteroidogénesis podrían estar relacionados con una mayor secreción de LH e IGF-1 aunque independientemente de la contribución de cada una de estas moléculas, todavía no se ha podido establecer con claridad por qué se restablece el patrón de secreción de la LH y las concentraciones sanguíneas de IGF-1 aumentan cuando la nutrición se mejora (Lucy, 2000). Algunos investigadores afirman que el balance energético negativo controla parcialmente la secreción y síntesis de IGF-I en el posparto (Thisen et al., 1994).

### **5.2.3 Efecto del amamantamiento y vínculo materno**

Durante mucho tiempo se pensó que el amamantamiento era la principal causa del cese de la ciclicidad ovárica conocida como anestro lactacional, no solamente en el bovino, sino en la mayoría de las especies animales, dado que la disminución en la duración e intensidad del amamantamiento reduce la duración del anestro posparto en vacas para producción de carne (García-Winder et al., 1984). Sin embargo, en los últimos años han surgido evidencias que demuestran que la comunicación somatosensorial dentro de la ubre y el pezón no es necesaria para suprimir la secreción de LH (Williams, 2002).

La succión producida por la cría al amamantarse no es el único factor que bloquea el reinicio de la actividad ovárica (Williams et al., 1996; Yavas and Walton, 2000), ya que aun removiendo la glándula mamaria, si el ternero permanece todo el tiempo con la madre, esta se mantiene en anestro y, por ende, el efecto de succión *per se* no explica el bloqueo lactacional (Pérez-Hernández et al., 2001).

En resumen, el vínculo de la vaca con el ternero a través de estímulos olfativos, visuales, auditivos y del contacto, además de la interacción física con la región inguinal de la madre (topeteo, manipulación oral del flanco o el amamantamiento), serían los responsables de los cambios neurales que crean el estado anovulatorio (Williams et al., 1996).

### **5.2.4 Efectos raciales y época del parto**

En las razas puras *Bos indicus*, los efectos negativos del amamantamiento y subnutrición en el posparto se ven más acentuados que en las razas puras *Bos taurus*. Sin embargo, esta condición mejora en los animales cruzados, los cuales presen-



tan un intervalo posparto menor (Galina y Arthur, 1989; Williams, 2002).

El ganado *Bos taurus* de países de la zona templada tienen un menor intervalo entre partos, comparados con la raza cebú (Mukasa-Mugerwa, 1989). El tamaño de la vaca y su potencial lechero, características influenciadas genéticamente, también tienen efectos sobre la duración del intervalo posparto.

Oliveira (1974) en un estudio en ganado Nellore observó que las vacas que paren en la época seca (de poca pluviosidad) tienen un intervalo entre partos de 19.9 meses comparados con 14.5 meses de aquellas que lo hacen en la época lluviosa. Por el contrario, en novillas Fulani Blancas, los intervalos entre partos fueron de 15.3 y 18 meses para las vacas que parieron en las épocas seca y lluviosa respectivamente. Posiblemente, las vacas que paren al final de la época seca tendrán mejores oportunidades nutricionales para cumplir sus requerimientos para mantenimiento, lactación y crecimiento (Oyedipe et al., 1982; Hansen, 1985; Abeygunawardena et al., 1994). En contraste con los anteriores estudios, se ha observado una alta incidencia de partos en ganado Cebú en el trópico asiático al comienzo de las lluvias que dan inicio a la temporada del “monsón” (Abeygunawardena et al., 1994). Aunque no se conocen en Colombia estudios que relacionen la duración del anestro con la época del parto, es posible que en algunas regiones (verbigracia en los Llanos orientales), esta relación tenga gran importancia por cuanto la ocurrencia de partos se presenta especialmente en la época seca (diciembre-marzo). En este contexto, es clave entender que si se ignora uno de los factores clima y nutrición, se puede llegar a conclusiones erróneas. En un estudio llevado a cabo en el trópico bajo colombiano (Montería, Córdoba) en genotipos adaptados (Romosinuano) y Cebú, así como en cruces de este último con Holstein y Simmental, que tuvieron adecuados niveles de nutrientes, no se presentó un anestro posparto prolongado (Grajales et al, 2001).

### **5.2.5 Presencia del toro**

La presencia del toro podría estimular la actividad sexual de las hembras (Chenoweth, 1983), posiblemente debido a señales químicas conocidas como feromonas y que son secretadas por el macho y olfateadas por las hembras (revisado por Pachón y Góngora, 2000). En varios estudios se encontró que la presencia del toro redujo el intervalo parto-reinicio de la actividad ovárica en vacas primíparas (Custer et al., 1990; Fernández et al., 1993; Soto-Belloso et al., 1997) y multíparas (Zalesky et al., 1984; Naasz and Miller, 1990; Burns and Spitzer, 1992). Sin embargo, en otro trabajo solamente se encontró un efecto positivo antes del día 60

posparto, sin hallar influencia, en este contexto, de la presencia de toros o vacas tratadas con andrógenos (Zalesky et al., 1984).

Landaeta-Hernández et al. (2004) estudiaron el efecto de la presencia o ausencia del toro en 90 vacas Angus desde la primera a la sexta semana después del parto sobre la involución uterina, las concentraciones plasmáticas de P4, el tamaño de los folículos grandes, el número de folículos mayores de 5.0 mm, presencia de fluidos en el lumen uterino y de tejido luteal. No se encontraron diferencias en la involución uterina, tamaño de folículos grandes, número de folículos mayores de 5.0 mm y presencia de fluidos, aunque se observaron diferencias en la presencia (o ausencia) de tejido luteal y las concentraciones totales de P4. Fue evidente que un mayor número de vacas que estuvieron acompañadas por el toro, reiniciaron los ciclos estrales normales más pronto que las vacas control.

No se encontró efecto de la presencia del macho sobre la duración del estro, el número total de montas recibidas y la intensidad del estro en vacas Angus durante el posparto. Sin embargo, la forma como se distribuyeron las montas a través de la duración del estro, se afectó por la presencia del toro (Landaeta-Hernández et al., 2006).

En otro estudio, en ganado para leche, la exposición al toro por solo 8 horas durante el posparto temprano tuvo un efecto leve aunque positivo sobre los niveles basales y pulsátiles de la LH (Roelofs et al., 2007). En otro interesante estudio bajo condiciones de pastoreo extensivo, el reemplazo cada semana de los toros, redujo el anestro posparto en vacas bajo amamantamiento continuo (Miller y Ungerfeld, 2008).

Hasta el momento no existe una clara explicación acerca de cómo actúa la presencia del macho, aunque se sugiere que están involucrados varios mecanismos, posiblemente mediados por las feromonas, que actuarían a través de vías sensoriales ligadas al sistema neuroendocrino, disminuyendo los efectos negativos del vínculo madre-ternero o estimulando directamente la secreción de GnRH (Berardinelli et al., 2005). En novillas para carne de primer parto, la exposición al toro por 40 días durante el posparto, aumentó la secreción de leptina, lo cual favoreció el inicio temprano de la actividad ovárica (Olsen et al., 2009).

### **5.3 El anestro posparto**

El anestro posparto es el estado de inactividad ovárica que se caracteriza por una pasividad sexual sin manifestaciones de celo (Fallas et al., 1987; Wright y

Malmo, 1992), y ausencia de ovulación, acompañada por concentraciones séricas de progesterona (P4) menores de 0.5 ng/ ml (Arreguin et al., 1997). Aunque se conocen algunos factores que intervienen en el anestro posparto, todavía esta condición se mantiene como la mayor limitante de la eficiencia reproductiva en ganado *Bos taurus*/ *Bos indicus* de los países tropicales (Montiel y Aluja, 2005). En ganado cebú (*Bos indicus*), la baja eficiencia reproductiva se atribuye al prolongado anestro posparto (García et al., 1990) el cual, bajo las condiciones de pastoreo extensivo y baja calidad de los forrajes, que se observa con frecuencia en explotaciones ganaderas de las regiones del trópico seco y húmedo colombiano, puede durar hasta 8-10 meses, cuando ocurre el destete (Ruiz-Cortés y Olivera-Ángel, 1999).

Tradicionalmente, el anestro posparto se ha clasificado desde el punto de vista clínico en anestro fisiológico y patológico, más recientemente ha sugerido una nueva clasificación: i) ovulación silente, ii) enfermedad quística ovárica, iii) hipofunción ovárica, y iv) cuerpo lúteo persistente (Mwaanga y Janowski, 2000). Una nueva clasificación basada en la dinámica folicular y la dinámica luteal ha surgido más recientemente (Peter et al., 2009). El anestro tipo I ocurre la emergencia y crecimiento folicular pero no ocurre la desviación o la presencia de un folículo dominante. Este tipo de anestro se presenta bajo condiciones extremas de desnutrición y cae dentro de la denominación clásica de “ovarios inactivos”. El anestro tipo II hay crecimiento y desviación seguido por atresia después que el folículo ha alcanzado la dominancia. Los folículos producen insuficientes cantidades de estradiol debido a una falla en la retroalimentación positiva para la producción de estradiol.

En el anestro tipo III hay crecimiento, desviación y dominancia folicular pero ocurre una falla en la ovulación que resulta en un folículo persistente que puede terminar en un quiste folicular, que termina finalmente en un quiste luteal. En el anestro tipo IV ocurre por una fase luteal prolongada, en este caso se presenta un estro normal, ovulación y formación de un CL; sin embargo, la función luteal se prolonga debido a una falla en la regresión luteal (Peter et al., 2009).

Es importante entonces que el asistente profesional identifique el tipo de anestro que presentan las vacas, para ello deberá recurrir al uso de herramientas como el ultrasonido y algunas determinaciones hormonales. Además deberá tener un conocimiento profundo de todos los factores de manejo, ambientales y nutricionales que le permitan diagnosticar el tipo de anestro, y en consecuencia tomar decisiones acertadas para disminuir la presencia del anestro, evitando así las altas

perdidas económicas.

## **5.4 Estrategias para reducir el anestro posparto**

Se han planteado diversas estrategias para reducir los efectos de un prolongado anestro posparto entre ellas: i) restricción del amamantamiento, ii) mejoramiento de los esquemas de alimentación y nutrición, iii) uso de tratamientos hormonales, o iv) la combinación de las estrategias anteriores. Bajo las condiciones de las principales regiones ganaderas de Colombia (Costa Atlántica, Llanos Orientales, altiplanos) es posible hacer uso de ellas; sin embargo, su éxito dependerá de la relación entre el costo y el beneficio. Lo más importante es no abocar el análisis del problema con una visión de uni-causalidad y ante todo, partir de la capacidad de los animales en cuanto a su adaptación al clima, si hay condiciones adecuadas de bienestar y nutrición.

### **5.4.1 Manejo del amamantamiento**

En vacas Cebú en amamantamiento continuo, la aparición del primer estro posparto ocurrió el día 169, mientras las vacas que amamantan únicamente dos horas en la mañana y dos en la tarde, se presentó en el día 140 y las que lo hacían únicamente por dos horas en la mañana, exhibieron signos de estro el día 110 (Brito, 1974).

Escobar et al. (1984), en México, reportan beneficios de la restricción del amamantamiento al detectar la presencia de un cuerpo lúteo a los 59.9 días posparto en vacas Cebú sin amamantamiento, mientras en las vacas con amamantamiento tradicional, la presencia del cuerpo lúteo ocurrió a los 101 días.

En vacas Angus x Hereford sin amamantamiento y sin contacto con sus crías, la primera ovulación posparto ocurrió a los 14.3 días. En las vacas que no amamantaban, pero tuvieron contacto visual, táctil y olfativo con sus terneros, dicha ovulación ocurrió a los 22.5 días y en las que amamantaron libremente, se presentó a los 35.4 días (Hoffman et al., 1996).

En Colombia, en vacas Brahman sin contacto con la cría, se determinó mediante ultrasonido y análisis hormonal, que la primera ovulación posparto ocurría a los  $34.8 \pm 13$  días y en las que amamantaban a los  $63.9 \pm 15.5$  días (Henaó, 1998).

El destete temporal de 72 horas por tres veces con intervalo de 20 días a partir del día 75 posparto, redujo significativamente el anestro posparto en vacas Cebú (Prieto et al., 1997).

En la misma raza, el destete temporal por cuatro días indujo la presentación del celo y la ovulación en el 50 % de las vacas (Henaó, 2000).

En un estudio realizado bajo las condiciones del trópico húmedo colombiano, en vacas cebú en amamantamiento, el anestro posparto se caracterizó por un retardo prolongado del desarrollo de los FD y primera ovulación que contrastó con la presencia de un FD entre la primera y segunda semanas posparto en vacas sin amamantamiento (Ruiz-Cortés y Olivera-Ángel, 1999).

Galina et al. (2001) analizaron los diferentes métodos de amamantamiento sobre la reducción del anestro posparto en ganado de doble propósito en México, entre ellos, una vez al día, dos veces al día o toda la noche, destete parcial por 24, 48, 72 o 96 horas, amamantamiento a las 6-8 horas después del ordeño y el destete a los 3 o 5 meses. Se encontró una gran variabilidad en los resultados, los cuales dependían de la raza del animal, la infraestructura de la finca, la época del año y el sistema de separación del ternero.

Aunque todavía no se conocen los mecanismos por los cuales el amamantamiento afecta la reproducción posparto, en opinión de Malven, (1986) y Myers et al. (1989) una causa es la inhibición de la liberación de LH ocasionada por acción de los opioides endógenos (EOP) como la encefalina y la  $\beta$ -endorfina (Hughes et al., 1975).

A pesar de que gran parte de la información analizada en este capítulo reporta efectos benéficos del amamantamiento, sobre la fisiología posparto, aún existen estudios contradictorios, lo cual puede ser el reflejo de las diferentes condiciones en que se realizan y la variación en la medida de las diferentes variables, aumentando así la controversia sobre el tema.

## **5.4.2 Manejo nutricional**

A continuación se presentan datos obtenidos en la literatura relacionados con la influencia de algunos nutrientes sobre la fisiología reproductiva, para ilustración de los lectores. Sin embargo, es claro que los fenómenos biológicos inherentes a la reproducción animal dependen de diversos factores genéticos y ambientales, y entre estos últimos los nutricionales. Esto es, que la información suministrada debe tomarse como hallazgos que aportan datos que podrían ser útiles en términos prácticos, pero que *per se* no constituyen pruebas contundentes de que el único factor que puede ser determinante en la ocurrencia de un evento fisiológico es una molécula resultante del metabolismo de nutrientes.

Una de las estrategias más útiles y económicas que podrían ser utilizadas para disminuir el anestro posparto es el manejo de la CC. Martínez y Castillo (1995), obtuvieron tasas de preñez de 0,0 3,0 y 11 % en vacas con CC de 1, 2 y 3 respectivamente (escala 1-9), comparada con 85 % para vacas con CC entre 7-9.

Weaver (1992) propuso que la CC deseable al parto es de 3 en la escala de 1 a 5, mientras que Richards et al. (1986) encontraron que una CC de 5 (escala 1-9) en el momento del parto, es un punto crítico que puede afectar el comportamiento reproductivo posparto.

Basurto et al. (1998) obtuvo, en vacas de doble propósito, una mayor tasa de preñez a primer servicio en vacas con una CC mayor de 2,5 al parto (escala 1-5). Igualmente en vacas Gyr; Moore y Campos da Rocha (1983) reportan una reducción del intervalo parto-concepción de 160 a 116 días en vacas alimentadas con altos niveles de energía posparto.

El uso de suplementos alimenticios con alto contenido de grasa se ha empleado para estimular el desarrollo folicular y mejorar el desempeño reproductivo posparto. La suplementación con grasa, supuestamente afecta el crecimiento folicular, al incrementar el número de folículos de tamaño mediano y mejora las tasas de fertilidad posparto. La anterior propuesta se basa en la capacidad que posee el rumen de hidrolizar los triglicéridos y fosfolípidos que contiene ácidos grasos poliinsaturados. Las grasas de origen animal o vegetal contienen ácidos grasos como el palmítico (C16:1), el oleico (C18:1), el linoleico (C18:2) (el más abundante en las plantas) y el linolenico (C18:3) los cuales son metabolizados a glicerol y posteriormente a ácido propionico (Williams, 2002).

En vacas para carne, la suplementación con grasa aumentó la secreción de la hormona del crecimiento (GH). Se observó el mismo efecto en vacas lecheras de alta producción durante la lactancia temprana, lo cual coincidió con el aumento del IGF-I en el líquido folicular, más no en las concentraciones periféricas (Williams, 2000).

Se ha reconocido el efecto benéfico de otros suplementos, en vacas de primer parto lactantes, alimentadas con una dieta que contenía 5 % de harina de pescado y otro grupo con 8.7% de harina de maíz, 25 días antes de la época de inseminación y que continuó por 90 días más. Las tasas de concepción al primer servicio fueron mayores en las alimentadas

con harina de pescado (75.6 % vs 61.5 %  $P > 0.14$ ), aunque las concentraciones de P4 después de la inseminación artificial fueron similares entre grupos (Bonete et al., 2001). El suministro de torta de algodón en proporción de 0.9-2.2 kg/animal/día es quizás uno de los mejores suplementos, puesto que provee una mezcla de energía, proteína, fibra y grasa, desde luego, considerando los efectos tóxicos del gopisol, que se presentan con mayor frecuencia en ganado lechero. Cuando se utilizaron dietas por encima del 45 % con harina de semilla de algodón por 14 semanas, se observó un aumento de la fragilidad de los glóbulos rojos. Parece que este no es el caso en ganado para carne manejado bajo condiciones normales (Williams 2002).

La suplementación con semilla de algodón a vacas para carne durante 30 días posparto, antes de la época de inseminación, aumentó el número de hembras con ciclicidad reproductiva por encima de 18 %; la respuesta fue más evidente cuando las condiciones ambientales provocaron una mayor pérdida de CC (Williams, 2003). Rekwot et al. (2004) alimentando vacas lecheras con 600 g/día de semilla de algodón en el posparto obtuvo un reinicio más temprano de los ciclos estrales frente a las vacas control ( $136 \pm 8$  días versus  $107 \pm 5$  días,  $P < 0.05$ ).

El uso de productos derivados del cultivo de la palma (*Elaeis guineensis*), ya sea en forma de aceites o torta de palmiste sería una buena alternativa para Colombia, puesto que en las regiones Oriental, Occidental, Central y Norte se viene incrementando dicho cultivo, el cual alcanza ya una extensión de 452.453 hectáreas (Torres et al., 2013) y puesto que el país ocupa el quinto lugar dentro del contexto mundial (Fedepalma 2014). Igualmente, existe un sinnúmero de subproductos agrícolas que pueden ser fácilmente utilizados en forma estratégica en ciertas épocas del año, entre ellos la harina de arroz, la torta de algodón, la torta de soya y la harina de pescado.

### **5.4.3 Empleo de hormonas**

Se ha utilizado la aplicación exógena de diferentes hormonas como GnRH, eCG, FSH o implantes con progestágenos y estrógenos para inducir la actividad ovárica posparto tanto en ganado *Bos taurus*, *Bos indicus* y en el búfalo de agua (Troxel et al., 1980; Riely et al., 1981; Kesler et al., 1982; Abeygunawardena et al., 1995 Abeygunawardena y Dematawewa, 2004; Day, 2004); sin embargo, los resultados varían ampliamente. Estos tratamientos hormonales se han organizado bajo la denominación de protocolos de inseminación a tiempo fijo (IATF), dada la posibilidad de sincronizar el desarrollo folicular y la ovulación, permitiendo el uso más eficiente de la inseminación artificial,



evitando el dispendioso trabajo de detectar las vacas en celo (García-Ispuerto y López-Gatius, 2013).

Los progestágenos más usados son el acetato de melengestrol (MGA) el norgestomet o la progesterona liberada en forma lenta en dispositivos de aplicación intravaginal, presentando una eficacia en la inducción de los ciclos estrales en vacas anéstricas entre 0% a 66% (Day, 1998). La variabilidad de los resultados depende de la duración de la exposición, tipo de animal, sistema de producción y de cuándo se aplica el tratamiento (Day, 2004).

Se ha demostrado que la P4 liberada a partir de los dispositivos intravaginales o de los implantes subcutáneos mantiene concentraciones subluteales de P4 que favorecen la frecuencia pulsátil de la LH, permitiendo el crecimiento folicular y previniendo la atresia del folículo dominante (Stock y Fortune, 1993; Savio et al., 1993). Bajo este mismo ambiente, el FD es capaz de crecer, madurar y ser liberado en una ovulación, aun estando la vaca en anestro (Rhodes et al., 2002). A la vez la P4 liberada por estos dispositivos previene la formación de un CL de corta vida, favoreciendo el desarrollo de un CL normal, el cual permitiría el desarrollo y mantenimiento de la preñez (Wiltbank et al., 2002).

Otros tratamientos se basan en la combinación de varias hormonas; entre ellos están: progesterona/progestágenos de liberación lenta asociados con benzoato de estradiol; cipionato de estradiol o la combinación de GnRH-PGF<sub>2a</sub>-GnRH conocido como Ovsynch (Pursley et al., 1995). El primero ha presentado mejores tasas de preñez en vacas Cebú anéstricas amamantando, por lo que se ha popularizado su uso en países tropicales. Así mismo, la introducción de otra hormona como la eCG al momento del retiro del implante, ha contribuido a mejorar los resultados (Baruselli et al., 2004).

El tratamiento de vacas anéstricas con P4 y benzoato de estradiol, resultó en un 90 % de vacas que presentaron estro, ovulación y una tasa de preñez de 45 % al primer servicio (Rhodes et al., 2003). Este resultado se consideró bajo respecto a las compañeras cíclicas que fue de 55-60 %. Sin embargo, las restantes vacas que no concibieron, iniciaron su comportamiento estral entre los 18 y los 28 días después del tratamiento (McDougall, 2001; Cavalieri et al., 2003). Lo anterior sugiere que los beneficios del tratamiento no solo pueden ser valorados por el número de vacas preñadas al primer servicio, sino por la inducción de la regularización de los ciclos estrales.



La combinación de tratamientos hormonales con el retiro temporal del ternero ha contribuido a mejorar las tasas de preñez. Barreiros et al. (2003) obtuvieron un incremento del 22 % en las tasas de preñez en vacas Cebú después de separar el ternero al momento del retiro del CIDR al octavo día y realizar IATF a las 54 horas después.

Se ha observado que el éxito de estos programas es dependiente de variables como el estado fisiológico, el amamantamiento, la CC y el grado de mansedumbre de los animales. Por lo tanto, cada uno de estos aspectos debe ser revisado cuando se intente organizar un programa de inseminación a tiempo fijo. Bo et al. (2003), analizaron la información de 6.857 inseminaciones a tiempo fijo en vacas con cría, vacas secas, novillas, cruzadas con *Bos indicus* y *taurus*; encontraron una tasa de preñez general de 54.9 %, con un mínimo de 28.7 % (vacas con cría con CC de 2.5) y un máximo de 75 % (novillas con CC de 3.0). Esto pone de manifiesto la importancia de la CC en el éxito o fracaso de estos tratamientos. Hubo una alta correlación entre el porcentaje de preñez y la CC ( $R^2:0.9$ ), lo cual fue determinante para realizar la inseminación a tiempo fijo. Se observó un menor porcentaje de preñez en las vacas cruzadas con *Bos indicus* frente a las *Bos taurus*, lo cual fue atribuido al grado de mansedumbre.

## **Bibliografía**

Abeygunawardena H, Abayawansa WD, Ratnayake D, Jayatilake MWAP. Zebu cattle farming in Sri Lanka: production systems and reproductive characteristics. In: Strengthening Research on Animal Reproduction and Disease Diagnosis in Asia through the Application of Immunoassay Techniques. IAEA-TECDOC 736, International Atomic Energy Agency, Vienna, pp. 37–51, 1994.

Abeygunawardena H, Kuruwita VY, Perera BMAO. Effects of exogenous hormones on postpartum anoestrus buffaloes. In: Perera, B.M.A.O., Siriwardena, J.A.de S., Horadogoda, N.U., Ibrahim, M.N.M. (Eds.), *The Role of the Buffalo in Rural Development in Asia*. NARESA Press, Colombo, pp. 337–350, 1995.

Abeygunawardena H, Dematawewa C.M.B. Pre-pubertal and postpartum anestrus in tropical Zebu cattle. *Anim Reprod Sci* 2004; 82–83: 373–387.

Acosta TJ, Ozawa T, Kobayashi S, Hayashi K, Ohtani M, Kraetzel K, et al. Periovulatory changes in the local release of vasoactive peptides, prostaglandin F2a, and steroid hormones from bovine mature follicles in vivo. *Biol Reprod* 2000; 63 1253–1261.

Allrich RD, Berghorn KA, Noller CH. Influence of energy balance on ovarian activity and estrous behavior in postpartum dairy cows. *J Dairy Sci. Suppl.* 1987; 70:184.

Arreguin AA, Santos RE, Villa-Godoy A, Román-Ponce H. Dinámica folicular ovárica en vacas Cebú con diferente condición corporal y frecuencia de amantamiento durante el periodo anovulatorio posparto. *División de Educación Continua, Unam, F.M.V.Z. (Eds.), VII Curso Internacional de Reproducción Bovina. Méx., D.F., pp. 210–240, 1997.*

Barreiros TRR, Seneda MM, Reis EL, Baruselli PS, Barros CM. Efeito do desmame temporário na sincronização da ovulação para inseminação artificial em tempo fixo. *Acta Sci Vet.* 2003; 31: 238–239, (abstract).

Baruselli PS, Reis EL, Marques MO, Nasser LF, Bó GA. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrous beef cattle in tropical climates *Anim Reprod Sci.* 2004; 82–83 479–486.

Barb CR, Kraeling RR. Role of leptin in the regulation of gonadotropin secretion in farm animals. *Anim Reprod Sci.* 2004; 82-83:155-167.

Basurto CH, Alonso DM, Mora MC. Efecto del tiempo pos-parto y condición corporal sobre la respuesta al estro y fertilidad en vacas doble propósito tratadas con progesterona y Ammveb, P.M.S.G. (Ed.), XXII Congreso Nacional de Buatría, pp. 361–362, 1998.

Beam SW, Butler WR. Energy balance, and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol Reprod.* 1997; 56: 133–142.

Baruselli PS, Gimenes LU, Sales JNS. Fisiología reproductiva de fêmeas taurinas e zebuínas. *Rev Bras Reprod Anim, Belo Horizonte.* 2007; 31, 2:205-211.

Berardinelli JG, Joshi PS, Tauck SA. Postpartum resumption of ovarian cycling activity in first-calf suckled beef cows exposed to familiar or unfamiliar bulls. *Anim Reprod Sci* 2005; 90: 201–209.

Berg AH, Combs TP, Du X, Brownlee M, and Scherer PE. The adipocytosecreted protein Acrp30 enhances hepatic insulin action. *Nat Med.* 2001; 7:947-953.

Bishop DK, Wettermann RP, and Spicer LJ. Body energy reserves influence the onset of luteal activity after early weaning of beef cows. *J Anim Sci.* 1993; 72: 2703.

Bó GA, Cutaia L, Veneranda G. Factibilidad del empleo de la inseminación artificial a tiempo fijo para la producción de carne. In: *Memorias IV Seminario Internacional Reproducción de Grandes Especies.* Septiembre 25-27 Bogotá Colombia, 2003.

Bó GA, Moreno D, Cutaia LE, Caccia M. Factores que afectan los porcentajes de preñez en programas de transferencia de embriones. In: *Memorias IV Seminario Internacional Reproducción de Grandes Especies.* Septiembre 25-27 Bogotá Colombia, 2003.

Bó GA, Baruselli PS, Martinez MF. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci.* 2003; 78: 307- 326.

Bonnett BN, Martin SW, Gannon VP, Miller RB, Etherington WG. Endometrial biopsy in Holstein-Friesian dairy cows. III. Bacteriological analysis and correlations with histological findings. *Can J Vet Res* 1991;55:168-73.

Bonnette JR, Whittier JC, Engle TE, Burns PD. Effect of fish meal supplementation on fertility in primiparous lactating beef cows. *Proc West Sec Amer Soc Anim Sci.* 2001; 52.

Borsberry S, Dobson H. Periparturient diseases and their effect on reproductive performance in five dairy herds. *Vet Rec* 1989;124:217-219.

Breuel KF, Lewis PE, Inskeep EK, and Butcher RL. Endocrine profiles and follicular development in early-weaned postpartum beef cows. *J Reprod Fertil.* 1993; 97:205-212.

Breuel KF, Lewis PE, Schrick FN Lishman AW, Inskeep EK, Butcher RL. Factors Affecting Fertility in the Postpartum Cow: Role of the Oocyte and Follicle in Conception Rate. *Biol Reprod* 1993; 48: 655-661.

Brito R. Estudio de los efectos de la reducción del tiempo de permanencia del ternero junto a la vaca Cebú, sobre su actividad sexual y el desarrollo de sus crías. *Ciencia Veterinaria* 1974; 5: 23-30.

Burns PD, Spitzer JC. Influence of biostimulation on reproduction in postpartum beef cows. *J Anim Sci.* 1992; 70:358.

Butler WR, Everett RW, Coppock CE. The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *J Anim Sci.* 1981; 53: 742- 748.

Canfield RW, Sniffen CJ, Butler WR. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 1990; 73: 2342-2349.

Canfield RW, Butler WR. Energy balance, first ovulation and the effects of naloxone on LH secretion in early postpartum dairy cows. *J Anim Sci.* 1991; 69: 740- 746.

Cavalieri J, Eagles VE, Ryan M, Macmillan KL. Role of the sensitivity of detection of oestrus in the submission rate of cows treated to resynchronise oestrus. *Aust Vet J* 2003; 81: 416–421.

Chenoweth PJ. Reproductive management procedures in control of breeding. *Anim Prod Aust.* 1983; 15:24-38.

Cohick WS. Role of the insulin-like growth factors and their binding proteins in lactation. *J Dairy Sci.* 1998; 81:1769–1777.

Crowe MA, Diskin MG, Williams EJ. Parturition to resumption of ovarian cyclicity: comparative aspects of beef and dairy cows. *Animal* 2014; 8:s1: 40–53.

Custer EE, Berardinelli JG, Short RE, Wehrman M, Adair R. Postpartum interval to estrus and patterns of LH and progesterone in first-calf suckled beef cows exposed to matured bulls. *J Anim Sci.* 1990; 68:1370- 1377.

Day ML. Estrous control and management of follicular growth with progesterone- based synchrony systems In: Proceedings of the 17th Annual Convention of the American Embryo Transfer Association, San Antonio, TX, pp. 10–33, 1998.

Day ML. Hormonal induction of estrous cycles in anestrous *Bos taurus* beef cows *Anim Reprod Sci* 2004; 82–83: 487–494.

De Thissen JP, Ketelslegers JM, Underwood LE. Nutritional regulation of the insulin-like growth factors. *Endocr Rev.* 1994; 15:80–101.

Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci.* 1989; 72: 68–78.

Escobar JF, Jara LC, Galina CS, Fernández-Baca S. Efecto del amamantamiento sobre la actividad reproductiva posparto en vacas cebú, criollas y F1 (cebú x Holstein) en el trópico húmedo de México. *Vet Mex.* 1984; 15: 243-248.

Fallas MR, Zarco QL, Galina CS, Basurto H. Efecto del amamantamiento sobre la actividad ovárica posparto en vacas F1 (Holstein × Indobrasil) en dos tipos de pasto. INIFAP (Ed.), Reunión de Investigación Pecuaria en México, pp. 348–349, 1987.

Fernández D, Berardinelli JG, Short RE, Adair R. The time required for the presence of bulls to alter the interval from parturition to resumption of ovarian activity and reproductive performance in first-calf suckled beef cows. *Theriogenology*. 1993; 39: 41.

Galina CS, Arthur GH. Review of cattle reproduction in the tropics. Part 3. Puerperium. *Anim. Breed. Abstr.* 1989; 57: 899-910.

Galina CS, Rubio I, Basurto H, Orihuela A. Consequences of different suckling systems for reproductive activity and productivity of cattle in tropical conditions. *Applied Animal Behaviour Science* 2001; 72: 255- 262.

Garcia-Ispuerto I, López-Gatius F. A Three-day PGF2 $\alpha$  Plus eCGbased Fixed-time AI Protocol Improves Fertility Compared with Spontaneous Estrus in Dairy Cows with Silent Ovulation. *J Reprod Dev* 2013; 59: 393–397.

García M, Wanca W, Echavarría L. Reproductive performance of purebred and cross-bred Zebu cattle under artificial insemination in the Amazon tropics. *Anim Prod.* 1990; 50: 41-49.

Garcia-Winder M, Imakawa K, Day ML, Zalesky DD, Kittok RJ, Kinder JF . Effect of suckling and ovariectomy on the control of luteinizing hormone secretion during the post-partum period in beef cows. *Biol Reprod.* 1984; 31: 771-778.

Garcia MR, Amstalden M, Williams SW, Stanko RL, Morrison CD, Keisler DH, et al. Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estrous cycle, and different seasons in cattle. *J Anim. Sci.* 2002; 80:2158–2167.

Gearhart MA, Curtis CR, Erb HN, Smith RD, Sniffen CJ, Chase LE, et al. Relationship of changes in condition score to cow health in Holsteins. *J Dairy Sci.* 1990; 73: 3132–3140.

Gentry GT, Gentry LR, Lynn JW, Godke RA. Expression of the long form of the leptin receptor in bovine oviduct epithelial, uterine epithelial, and blastocyst-stage embryos. *Reprod Fertil Dev* 2012; 25(1): 196-196.

Grajales H, Prieto E, Hernández A, Bohorquez A. Comportamiento de los niveles de progesterone durante el posparto en vacas Simmental x Cebú, Holstein x Cebú, Romosinuano y Cebú bajo las condiciones del Tropicó Colombiano. *Rev Colomb Cienc Pec.* 2001; 14 Supl.

Graves WE, Lauderdale JW, Hauser ER, Casida LE. Relation of postpartum interval to pituitary gonadotropin, ovarian follicular development and fertility in beef cows. *Univ Wis Madison Coll Agric Life Sci Res Div Res Bull.* 1968; 270:23-26.

Grummer RR. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J Anim Sci.* 1995; 73: 2820–2833.

Hansen PJ. Seasonal modulation of puberty and postpartum anoestrus in cattle: a review. *Livest Prod Sci.* 1985;12: 309–327.

Hansen PJ. Physiology and Endocrinology Symposium : Maternal immunological adjustments to pregnancy and parturition in ruminants and possible implications for postpartum uterine health: Is there a prepartum–postpartum nexus?. *J Anim Sci.* 2013; 91:1639–1649.

Heinz JFL, Singh SP, Janowitz U, Hoelker M, Tesfaye D, Schellander K, et al. Characterization of adiponectin concentrations and molecular weight forms in serum, seminal plasma, and ovarian follicular fluid from cattle. *Theriogenology* 2015; 83: 326-333.

Henao G. Descripción y comparación del restablecimiento del ciclo estral posparto en vacas Brahman sin y con amamantamiento en el trópico colombiano. Tesis MS, Universidad de Antioquía. 28p, Colombia 1998.

Henao G, Trujillo LE, Maldonado JG. Liberación de gonadotropinas hipofisarias y factores que la afectan durante el posparto bovino. Revisión. *Rev Col Cienc Pec.* 2000; 13: 1: 46-57.

Henao G, Olivera-Angel M, Maldonado-Estrada JG. Follicular dynamics during postpartum anestrus and the first estrous cycle in suckled or non-suckled Brahman (*Bos indicus*) cows. *Anim Reprod Sci* 2000; 63:127- 136.

Henao G, Trujillo LE, Vásquez JF. Cambios en la dinámica folicular en vacas cebú anéstricas sometidas a suspensión temporal de la lactancia. *Rev Col Cienc Pec.* 2000; 13: 121-129.

Herath S, Lilly ST, Fischer DP, Williams EJ, Dobson H, Bryant CE, Sheldon IM. Bacterial lipopolysaccharide induces and endocrine switch from prostaglandin F2alpha to prosglandin E2 in bovine endometrium. *Endocrinology* 2009a; 150:1912-1920.

Heuer C, Schukken YH, Dobbelaar P. Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. *J Dairy Sci.* 1999; 82: 295–304.

Hoffman DP, Stevenson JS, Minton JE. Restricting calf presence without suckling compared with weaning prolongs postpartum anovulation in beef cows. *J Anim Sci.* 1996; 74:190-198.

Hughes J, Smith TW, Kosterlitz HW, Forthergill LS, Morgan BA, Morris HR. Identification of two related pentapeptides from the brain with potent opiate agonist activity. *Nature* 1975; 258:577-579.

Jolly PD. Physiological and Nutritional Aspects of Postpartum Acyclicity in *Bos indicus* Cows. Ph.D.Thesis, James Cook University of North Queensland, Townsville, 1992.

Jolly PD, McDougall S, Fitzpatrick LA, Macmillan KL, Entwistle KW. Physiological effects of undernutrition on postpartum anoestrus in cows. *J. Reprod. Fert. Suppl* 1995; 49: 477–492.

Kadokawa H, Blache D, Martin GB. Plasma Leptin Concentrations Correlate with Luteinizing Hormone Secretion in Early Postpartum Holstein Cows. *J Dairy Sci.* 2006; 89:3020–3027.

Keisler DH, Daniel JA, Morrison CD. The role of leptin in nutritional status and reproductive function. In: *Memorias IX Curso Internacional de Reproducción Bovina.* Universidad Nacional Autónoma de México, Mayo 22-24, 2002.

Kesler DJ, Cmarik GF, Weichenthal BA, Thompson LH, Lock TF, Ott RS. The effect of short-term calf removal in combination with GnRH treatment and the effect of limited nursing on reproductive performance of postpartum suckled beef cows administered PGF<sub>2a</sub> for ovulation control. *Theriogenology* 1982; 18: 87–93.

Kim KH, Lee K, Moon YS, Sul HS. A cysteine-rich adipose tissue-specific secretory factor inhibits adipocyte differentiation. *J Biol Chem* 2001; 276:11252-11256.

Lamming GE, Wathes DC, Peters AR. Endocrine patterns of the postpartum cow. *J Reprod Fertil. (Suppl)* 1981; 30:155-170.



Landaeta-Hernández AJ, Giangreco M, Melendez P, Bartolome J, Bennet F, Rae DO, et al. Effect of biostimulation on uterine involution, early ovarian activity and first postpartum estrous cycle in beef cows. *Theriogenology*. 2004; 61:1521-1532.

Landaeta-Hernández AJ, Meléndez P, Bartoloné J, Rae DO, Archbald LF. Effect of biostimulation on the expression of estrus in postpartum Angus cows. *Theriogenology* 2006; 66: 710-716.

LeBlanc SJ, Duffield TF, Leslie KE, Bateman KG, Keefe GP, Walton JS, et al. Defining and diagnosing postpartum clinical endometritis and its impact on reproductive performance in dairy cows. *J Dairy Sci* 2002;85:2223–36.

Ling C, Kindblom J, Wennbo H, Billig H. Increased resistin expression in the adipose tissue of male prolactin transgenic mice and in male mice with elevated androgen levels. *FEBS Lett*. 2001; 507:147-150.

Lucy, MC. Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. *J Dairy Sci*. 2000; 83:1635-1647.

Malven PV. Inhibition of pituitary LH release resulting from endogenous opioid peptides. *Dom Anim Endocrinol*. 1986; 3:135-142.

Martínez JC, Castillo SP. Condición corporal y gestación en vacas cebuínas bajo condiciones de pastoreo en el trópico seco. *Avances en Investigación Pecuaria* 1995; 4: 63–68.

McDougall S, Burke CR, Mcmillam KL, and Williamson NB. Patterns of follicular development during periods of anovulation in pasture-fed dairy cows after calving. *Res Vet Sci*. 1995a; 58: 212-216.

McDougall S. Reproductive performance of anovulatory anoestrous postpartum dairy cows following treatment with two progesterone and oestradiol benzoate-based protocols, with or without resynchrony. *N Z Vet J*. 2001; 49: 187–194.

Miller V, Ungerfeld R. Weekly bull exchange shortens postpartum anestrus in suckled beef cows. *Theriogenology* 2008; 69: 913–917.

Mitchell M, Armstrong DT, Robker RL and Norman RJ. Adipokines: Implications for female fertility and obesity. *Reproduction* 2005; 130:583-597.

Montiel F. Actividad ovárica post-parto en bovinos de doble propósito en el trópico húmedo mexicano. Tesis Doctoral, FMVZ, UNAM, México. 2001.

Montiel F, Ahuja C. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Anim Reprod Sci* 2005; 85: 1–26.

Moore CP, Campos da Rocha, C. Reproductive performance of Gyr cows: the effect of weaning age of calves and postpartum energy intake. *J Anim Sci.* 1983; 57: 807–814.

Mukasa-Mugerwa, E. A Review of Reproductive Performance of Female *Bos indicus* (Zebu) Cattle. ILCA Monograph 6, International Livestock Centre for Africa, Nairobi, Kenya. 1989.

Murdoch W, Peterson T, Van Kirk E, Vincent D, Inskoop E. Interactive roles of progesterone, prostaglandins, and collagenase in the ovulatory mechanism of the ewe. *Biol Reprod.* 1986; 35: 1187–1194.

Murphy MG, Boland MP, and Roche JF. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef suckled cows. *J Reprod Fertil.* 1990; 90:523-533.

Myers TR, Myers DA, Gregg DW, Moss GE. Endogenous opioid suppression of release of luteinizing hormone during suckling in postpartum anestrous beef cows. *Dom Anim Endocrinol.* 1989; 6, 3:183-190.

Mwaanga ES, Janowski T. Anoestrus in dairy cows: causes, prevalence and clinical forms. *Reprod Domest Anim* 2000;35: 193–200.

Naaz CD, Miller HL. Effects of bull exposure on postpartum interval and reproductive performance in beef cows. *Can J Anim Sci.* 1990; 70: 537.

Nett TM, Cermak D, Braden T, Manns J, Niswender G. Pituitary receptors for GnRH and estradiol, and pituitary content of gonadotropins in beef cows II. Changes during the postpartum period. *Domest Anim Endocrinol.* 1988; 5:81-89.

Odde KG, Ward HS, Kiracofe GH, McKee RM, Kittok RJ. Short estrous cycles and associated serum progesterone levels in beef cows. *Theriogenology;* 1980; 14:105- 112.

Oliveira, FEB. Age at first calving, service period and calving interval in a Nellore herd. *Anim Breed Abstr.* 1974; 43: 5799.

Olsen JR, Tauck SA, Wilkinson JRC, Keisler DH, Berardinelli JG. Biostimulatory Effect of Bulls on Temporal Patterns of Leptin Concentrations and Resumption of Luteal Activity in Primiparous, Postpartum, Anestrous, Beef Cows. *Biol Reprod* 2009; 81 : 261.

Opsomer G, Grohn YT, Hertl J, Coryn M, Deluyker H, de Kruif A. Risk factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a field study. *Theriogenology* 2000; 53: 841–857.

Oyedipe EO, Osori DIK, Akerejola O, Saror D. Effect of level of nutrition on onset of puberty and conception rates of Zebu heifers. *Theriogenology* 1982; 18: 525– 539.

Pachón E, Góngora OA. Nuevos conceptos de las feromonas en la reproducción de los mamíferos. *Revista UDCA. Actualización & Divulgación Científica* 2002; 5, 2:59-66.

Pérez-Hernández P, Solaris M, García-Winder M, Osorio-Arce M, Gallego- Sánchez J. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en dos sistemas de amamantamiento en el trópico. *Archiv Latin Produc Animal* 2001a; 9:70-85.

Pérez-Hernández P, Sánchez del Real C, Gallego-Sánchez J. Anestro posparto y alternativas de manejo del amamantamiento en vacas de doble proposito en el trópico. *Investigación Agraria:Producción y Sanidad Animal* 2001b; 16:235-248.

Perry RC, Corah LR, Cochran RC, Beal WE, Stevenson JS, Minton JE et al. Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotrophins, and first postpartum ovulation in suckled beef cows. *J Anim Sci.* 1991; 69: 3762–3773.

Peter AT, Bosu WTK. Relationship of uterine infections and folliculogenesis in dairy cows during early puerperium. *Theriogenology* 1988;30:1045–51.

Peter AT, Bosu WTK, DeDecker RJ. Suppression of preovulatory luteinizing hormone surges in heifers after intrauterine infusions of *Escherichia coli* endotoxin. *Am J Vet Res* 1989;50:368–73.

Peter AT, Vos PLAM, Ambrose DJ. Postpartum anestrus in dairy cattle. *Theriogenology* 2009; 71: 1333–1342.

Prieto E, Espitia A, González M. Interrupción temporal del amamantamiento en vacas Brahman del sistema cria libre. *El Cebú*. 1997; 42-46.

Pursley JR, Mee MO, Wilbank MC. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2 and GnRH. *Theriogenology*. 1995; 44:915-923.

Ramirez-Godinez JA, Kiracofe GH, McKee RM, Schalles RR, Kittok RJ. Reducing the incidence of short estrous cycles in beef cows with norgestomet. *Theriogenology* 1981; 15:613-616.

Roelofs JB, Soede NM, Dieleman SJ, Voskamp-Harkema W, Kemp B. The acute effect of bull presence on plasma profiles of luteinizing hormone in postpartum, anoestrous dairy cows. *Theriogenology* 2007; 68: 902–907.

Rekwot PI, Akinpelumi OP, Sekoni VO, Eduvie LO, Oyedipe EO. Effects of nutritional supplementation and exposure to bulls on resumption of postpartum ovarian activity in Bunaji (*Bos indicus*) cattle. *Vet J*. 2004; 167: 67–71.

Richards MW, Spitzer JC, Warner MB. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J Anim Sci*. 1986; 62: 300–306.

Riely GM, Peters AR, Lamming GE. Induction of pulsatile LH release FSH release and ovulation in postpartum acyclic beef cows by repeated small doses of GnRH. *J Reprod Fertil*. 1981; 63: 559–565.

Rivera GM, Goñi CG, Chaves MA, Ferrero SB, Bó GA. Ovarian follicular wave synchronization and induction of ovulation in postpartum beef cows. *Theriogenology* 1998; 49: 1365–1376.

Rhodes FM, Burke CR, Clark BA, Day ML, Macmillan KL. Effect of treatment with progesterone and oestradiol benzoate on ovarian follicular turnover in postpartum anoestrous cows and cows which have resumed oestrous cycles. *Anim Reprod Sci*. 2002; 69:139-150.

Rhodes FM, McDougall S, Verkerk GA, Macmillan KL. Treatment of cows with an extended postpartum anoestrous interval. *J Dairy Sci.* 2003; 86: 1876–1894.

Roberts AJ, Nugent RA, Klindt III J, and Jenkins TG. Circulating insulinlike growth factor I, insulin-like growth factor binding proteins, growth hormone, and resumption of estrus in postpartum cows subjected to dietary energy restriction. *J Anim Sci.* 1997; 75:1909–1917.

Rodriguez, ROL, Segura CVM. Effect of once-daily suckling on postpartum reproduction in Zebu cross cows in the tropics. *Anim Reprod Sci.* 1995; 40: 1-5.

Ruegg PL, Goodger WJ, Holmberg CA, Weaver LD, Huffman ME. Relationship among body condition score, serum urea nitrogen and cholesterol concentrations, and reproductive performance in high producing Holstein dairy cows in early lactation. *Am J Vet Res* 1992; 53: 10–14.

Ruegg PL, Milton RL. Body condition scores of Holstein cows on Prince Edward Island, Canada:relationships with milk yield, reproductive performance, and disease. *J. Dairy Sci.* 1995; 78: 552–564.

Ruiz-Cortés ZT, and Olivera-Angel M. Ovarian follicular dynamics in suckled Zebu (*Bos incus*) cows monitored by real time ultrasonography. *Anim Reprod Sci.* 1999; 54:211-220.

Ruiz-Cortés T, Ledoux S, y Murphy B. El tejido graso regula la reproducción de los mamíferos. *Orinoquia.* 2002; 6:136-155.

Rutter LM, Randel RD. Postpartum nutrient intake and body condition: effect on pituitary function and onset of estrus in beef cattle. *J Anim Sci* 1984; 58: 265–274.

Savio JD, Boland MP, Hynes N, Roche JF. Resumption of follicular activity in the early postpartum period of dairy cows. *J Reprod Fertil.* 1990; 88:569-579.

Savio JD, Tatcher WW, Badinga L, de la Sota RL, Wolfenson D. Regulation of dominant follicle turnover during the oestrous cycle in cows. *J Reprod Fertil.* 1993; 97: 197–203.

Shapiro L, Scherer PE. The crystal structure of a complement-1q family protein suggest an evolutionary link to tumor necrosis factor. *Curr Biol.* 1998; 8:335- 338.

Sheldon IM, Noakes DE, Rycroft AN, Pfeiffer DU, Dobson H. Influence of uterine bacterial contamination after parturition on ovarian dominant follicle selection and follicle growth and function in cattle. *Reproduction* 2002;123:837–45.

Soto-Belloso E, Ramírez-Iglesias L, Guevara L, Soto-Castillo G. Bull effect on the reproductive performance of mature and first calf-suckled zebu cows in the tropics. *Theriogenology*. 1997; 48:1185-1190.

Soto Belloso E, Portillo-Martínez G, De Ondiz A, Rojas N, Soto Castillo G, Ramírez- Iglesia L, et al. Improvement of reproductive performance in crossbred zebu anestrous primiparous cows by treatment with norgestomet implants or 96 h calf removal. *Theriogenology* 2002; 57: 1503– 1510.

Spicer LJ, Tucker WB, Adams GD. Insulin-like growth factor-I in dairy cows: relationships among energy balance, body condition, ovarian activity, and estrous behavior. *J Dairy Sci*. 1990; 73: 929–937.

Steppan CM, Bailey SM, Bhat S, Brown EJ, Banerjee RR, Wright CM et al. The hormone resistin links obesity to diabetes. *Nature*. 2001; 409:307- 312.

Stock AE, Fortune JE. Ovarian follicular dominance in cattle: relationship between prolonged growth and the ovulatory follicle and endocrine parameters. *Endocrinology* 1993; 132: 1108–1114.

Thatcher WW, Santos JEP, Silvestre FT, Kim IH, Staples CR. Perspective on Physiological/Endocrine and Nutritional Factors Influencing Fertility in Post-partum Dairy Cows *Reprod Dom Anim* 45 (Suppl. 3), 2010; 2–14.

Torres RA. Girón EG, Rincón FM, Delgado JR. Minianuario estadístico Fedepalma 2013. Fedepalma, 2014. [http:// www.fedepalma.org/estadisticas. htm#DisArePal](http://www.fedepalma.org/estadisticas.htm#DisArePal)(revisado 22-11-2014).

Toribio RE, Molina JR, Forsberg M, Kindadhl H, Eqvist LE. Effects of callf removal at partutition on postpartum ovarian in Zebu (*Bos (indicus)*) cows in the humid tropics. *Acta Vet Scand*. 1995; 36:343-352.

Troxel TR, Kesler DJ, Noble RC, Carlin SE. Ovulation and reproductive hormones following steroid pretreatment, calf removal and GnRH in postpartum suckled beef cows. *J Anim Sci*. 1980; 51: 652–659.

Velásquez JG, Góngora A, Vanegas O, Parra JL, Florez H, Cardoso J. Perfiles endocrinos, hemoglobina y hematocrito durante el posparto de vacas criollas sanmartíneras. *Orinoquia*. 2000; 4, 4:109-122.

Vicini JL, Buonomo FC, Veenhuizen JJ, Miller MA, Clemmons DR, Collier RJ. Nutrient balance and stage of lactation affect responses of insulin, insulin-like growth factors I and II, and insulin-like growth factor-binding protein2 to somatotropin administration in dairy cows. *J Nutr*. 1991; 121:1656–1664.

Villa-Godoy A, Hughes TL, Emery RS, Chapin LT, Fogwell RL. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*. 1988; 71: 1063–1072.

Waltner SS, McNamara JP, Hillers JK. Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci*. 1993; 76: 3410–3419.

Wathes DC. Mechanisms Linking Metabolic Status and Disease with Reproductive Outcome in the Dairy Cow. *Reprod Dom Anim* 2012; 47 (Suppl. 4): 304–312.

Weaver LD. Condición corporal, producción y reproducción. *Carta Ganadera Marzo*, pp. 13–18, 1992.

Wettemann RP, Hill GN, Boyd ME, Spitzer JC, Forrest DW, Beal WE. Reproductive performance of postpartum beef cows after short-term calf separation and dietary energy and protein supplementation. *Theriogenology* 1986; 26: 433–443.

Williams GL, Gazal OS, Guzmán Vega GA, Stanko RL. Mechanisms regulating suckling-mediated anovulation in the cow. *Anim Reprod Sci*. 1996; 42:289– 297.

Williams GL. Management of postpartum reproduction in the suckled beef cow. In: *Memorias IX Curso Internacional de reproducción Bovina*. Universidad Nacional Autónoma de México. Mayo 22-24, 2002.

Williams GL. Using dietary fat supplementation to enhance reproductive performance in cattle. In: *Memorias IX Curso Internacional de reproducción Bovina*. Universidad Nacional Autónoma de México. Mayo 22-24, 2002.

Williams EJ, Herath S, England GCW, Dobson H, Bryant CE, Sheldon IM. Effect of *Escherichia coli* infection of the bovine uterus from the whole animal to cell. *Animal* 2008b; 92: 1153-1157.

Williams EJ. Drivers of post-partum uterine disease in dairy cattle. *Reprod Dom Anim*. 2013; 48 (Suppl, 1) 53-58.

Wiltbank MC, Gumen A, Sartori R. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology*. 2002; 57: 21-52.

Wright IA, Rhind SM, Russel AJF, Whyte TK, McBean AJ, McMillen SR. Effects of body condition, food intake and temporary calf separation on the duration of the post-partum anoestrus period and associated LH, FSH and prolactin concentrations in beef cows. *Anim Prod*. 1987; 45: 395-402.

Wright PJ, Malmo J. Pharmacologic manipulation of fertility. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 1992; 8:57-89.

Wright IA, Rhind SM, Whyte TK, Smith AJ. Effects of body condition at calving and feeding level after calving on LH profiles and the duration of the post-partum anoestrous period in beef cows. *Anim Prod*. 1992; 55: 41-46.

Yang YJ, Cao YJ, Bo SM, Peng S, Liu WM, Duan EK. Leptin-directed embryo implantation: Leptin regulates adhesion and outgrowth of mouse blastocyst and receptivity of endometrial cells. *Anim Reprod Sci*. 2006; 92:155-167.

Yavas Y, Walton JS. Induction of ovulation in postpartum suckled beef cows: A review. *Theriogenology*. 2000; 54:1-23.

Zalesky DD, Day ML, Garcia-Winder M, Imakawa K, Kittok RJ, D'occhio MJ, et al. Influence of exposure to bulls on resumption of estrous cycles following parturition in beef cows. *J Anim Sci*. 1984; 59: 1135-1139.







### **Colección Crisálida**

*Crisálida* es una colección orientada a los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias en general, con tipos de publicaciones como libros de texto, guías de laboratorio, práctica o estudio. Las obras tienen una orientación pedagógica y académica en los niveles de media y básica, hasta universitario y posgrado.

*Aspectos básicos de la reproducción de la vaca*  
terminó de imprimirse en noviembre de 2015  
en los talleres de Kimpres, en Bogotá, Colombia.





## ASPECTOS BÁSICOS DE LA REPRODUCCIÓN DE LA VACA

Esta obra introduce al lector a los recientes modelos y conceptos propios del conocimiento contemporáneo. Fundamentada en una extensa revisión bibliográfica, este libro reúne los nuevos paradigmas en temas como la fisiología del ciclo estral, el oviducto, la implantación embrionaria, gestación, entre otros. Su aporte, significativo en este campo de las ciencias, brindará una herramienta fundamental en la formación profesional de veterinarios y zootecnistas, así como un punto de partida en investigaciones futuras.

En cada capítulo, los autores reflejan sus conocimientos, propios de la experiencia académica y científica, para brindarle al lector una obra completa, a la vanguardia del conocimiento, con una escritura didáctica que permitirá orientar los procesos de enseñanza, aprendizaje e investigación de esta área de las ciencias pecuarias.

*Agustín Góngora Orjuela  
Aureliano Hernández Vásquez*