

REVISION ANATOMICA DEL APARATO REPRODUCTOR DE LAS VACAS

Humberto Rivera M, MS
Accelerated Genetics

Translated by Gustavo Peña

INTRODUCCIÓN

En años recientes, está habiendo más participación de los Hispánicos en las responsabilidades reproductivas de las granjas lecheras. Un manejo reproductivo eficiente de la vaca lechera requiere un apropiado entrenamiento para sentar buenas bases del éxito. Lamentablemente en muchos casos esto pasa inadvertido por los dueños, el mayordomo y los consultores de la granja. Es frecuente pensar que por que se envió al empleado a tomar un curso de inseminación artificial (IA) se le ofreció el mejor nivel de manejo reproductivo que se tiene, ignorando si él o ella entiende los conceptos básicos de la anatomía y la fisiología de la reproducción, el manejo y el confort de las vacas lecheras, incluyendo algunas cosas más complejas como la interacción entre la reproducción, las instalaciones, la nutrición, y/o los sistemas para reducir el estrés calórico, entre otros. Entender estos conceptos básicos de la anatomía reproductiva de la vaca lechera debería ser el punto de partida en el proceso de enseñanza de los trabajadores Hispánicos lo que al final repercutirá en la eficiencia del manejo reproductivo de la granja, suponiendo que las otras variables han sido corregidas.

El uso de la IA ha sido el principal medio para el mejoramiento genético en la industria lechera durante más de 75 años. De hecho, Vishwanath (2003) menciona tres razones principales del éxito en el uso de la tecnología de la IA: es simple, es económica y exitosa. Contrario a lo que muchos granjeros piensan, una tecnología *simple* no se traduce como de *entrenamiento innecesario*. Muchas veces he observado empleados en las lecherías haciendo la rutina de detección de calores y cuando les pregunto sobre ¿cuáles son los signos del celo que buscan durante la detección? La respuesta es “buscando vacas que monten o se dejen montar”. Pero, ¿qué hay con los signos secundarios del celo? Para nuestra sorpresa, de acuerdo con Van Eerdenburg (1996), solo 37 % de las vacas que están en celo se dejan montar!

A diferencia de las yeguas, el aparato reproductor de las vacas se mueve libremente en la cavidad pélvica inclusive en la cavidad abdominal a causa del tamaño y la flexibilidad del ligamento ancho del útero. (Figura 1) Los diferentes estados reproductivos y fisiológicos pueden afectar la posición del útero en una vaca no preñada, por ejemplo, el llenado del rumen, la vejiga urinaria llena, la edad del animal y las patologías que afectan el útero como la endometritis, o los tumores, etc. Normalmente el útero en una vaca abierta (no-preñada) se encontrará descansando en el piso de la pelvis muy atrás en la cavidad pélvica (posición caudal), contra el techo de la pelvis (posición dorsal) o parcialmente distribuido en la cavidad abdominal (posición anterior). Además, la posición del útero puede verse afectada por la preñez y esto dependerá del estado avanzado de gestación, pero eso está fuera del enfoque de esta revisión. La movilidad del útero en la cavidad pélvica, puede constituir todo un reto para un técnico de inseminación novato, que pudiera tener dificultades para encontrar las estructuras anatómicas durante la IA, sin embargo una cosa que juega a favor del inseminador es la gran extensibilidad del recto que ayuda a maniobrar y buscar el útero en toda la cavidad pélvica. Estas características no están presentes en la yegua que tiene un recto estrecho que reduce la manipulación.

Para el propósito de esta revisión, asumiremos que el aparato reproductor de una vaca es una estructura tubular, con algunas modificaciones anatómicas que fisiológicamente tiene un propósito específico durante el ciclo estral, gestación y el parto.

Terminología Básica: Los términos usados para describir planos anatómicos del tracto reproductivo en esta revisión son (Figura 2): Plano Dorsal, Plano Transversal, Plano Sagital y Plano Medio. Otros términos usados para una mejor descripción anatómica de su locación son: Dorsal, Ventral, Lateral, Medial, Craneal y Caudal.

El Plano Medio: divide el cuerpo a lo largo en 2 partes simétricamente iguales (derecha- izquierda).

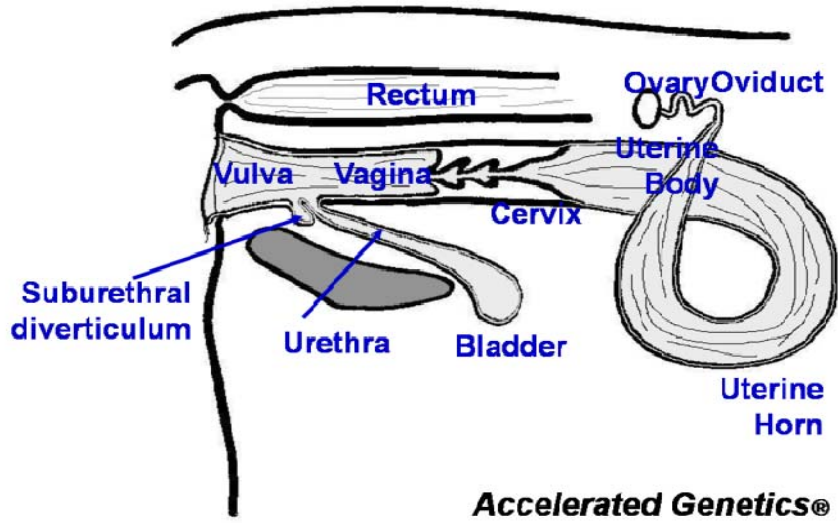


Figura 1. Organos reproductivos de la vaca lechera.

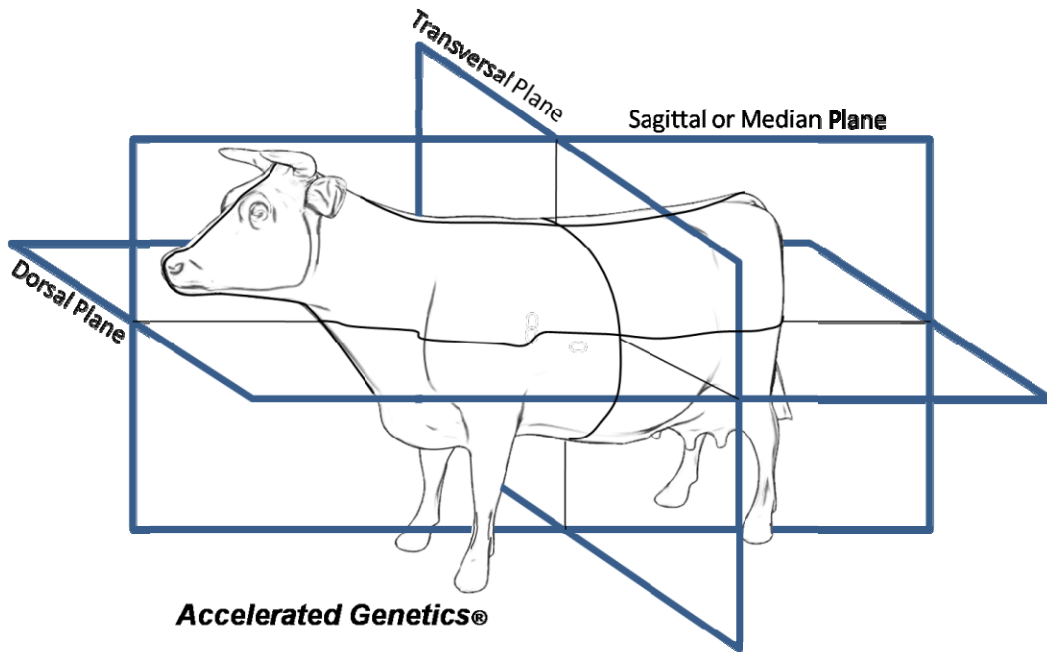


Figura 2. Planos anatómicos en anatomía animal.

El Plano Sagital: Corre paralelo al plano medio y divide al cuerpo en porciones longitudinales. Se representa también como porciones lateral (la parte externa del plano) y la medial (la parte interna del plano).

El Plano Dorsal: Es el que divide al plano en dos porciones superior (dorsal) e inferior (ventral).

El Plano Transversal: corre transversalmente al plano Medio y divide al cuerpo en 2 partes la anterior (craneal) y posterior (caudal).

ANATOMIA DEL APARATO REPRODUCTOR DE AFUERA HACIA DENTRO

Vulva

La vulva es el orificio externo del aparato reproductor, es la única parte visible desde afuera de la vaca. Con 3 a 4 pulgadas de largo en el plano medio, la vulva está localizada inmediatamente debajo de la abertura externa del recto y de la cola. La vulva está compuesta de pliegues de piel (epitelio estratificado escamoso, keratinizado) y cabellos que ofrecen una adecuada protección a las estructuras

internas del órgano reproductor. La vulva al igual que otros órganos reproductivos durante el celo (tiempo de aceptación del macho) es afectada por los efectos del estradiol incrementando la irrigación (luce de color rojo); incrementando la humedad y el tejido se inflama (hinchada). Todas estas características son importantes cuando se evalúan signos secundarios del celo. La vulva y el vestíbulo son las únicas partes que comparten el tracto urinario y el tracto reproductivo.

Vestíbulo

El vestíbulo es la primera estructura que se encuentra craneal a la vulva, mide 3-4 pulgadas de largo, cubierto por tejido escamoso, de epitelio no keratinizado. La abertura externa de la uretra está localizada en el piso del vestíbulo. Caudal a esta estructura podemos encontrar un saco ciego (divertículo suburetral). Durante la IA es muy importante entender la localización de estas dos estructuras, de hecho es por esto la recomendación de introducir la pistola de inseminación en un ángulo de 30 grados para evitar la introducción en una de estas estructuras, (Figura 1).

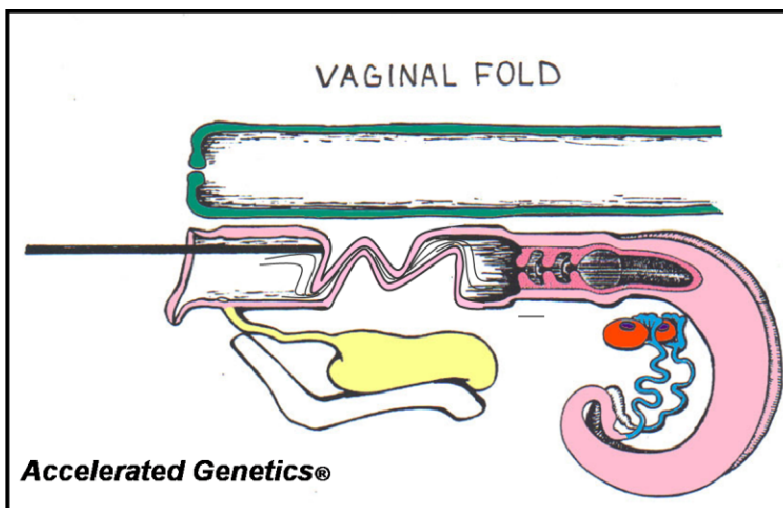


Figura 3. Representación de los pliegues de la vagina que serían un obstáculo para llegar al cérvix durante el proceso de inseminación artificial en los bovinos.

Vagina

Se localiza craneal al vestíbulo y se extiende cranealmente por cerca de 8 pulgadas hasta la entrada del cerviz. Cubierta por epitelio estratificado escamoso no keratinizado. La vagina sirve de receptor del semen cuando se realiza la monta natural. Puede representar un obstáculo para llegar al blanco en IA por dos razones; primero, los pliegues de la vagina que ocurren en vacas abiertas gracias a la movilidad referida en la sección de introducción y segundo el fornix, que rodea la entrada del cerviz, que es el resultado de la gruesa musculatura del cerviz que se proyecta en la vagina y su diámetro reducido comparado con la vagina (Figura 3).

Cerviz

Con unas 4 a 5 pulgadas de largo y unas 2 pulgadas de ancho, el cerviz es de suma importancia en la reproducción bovina. En general el cerviz es una rápida disminución del tamaño del tracto reproductor que sirve de protección del útero a la entrada externa de contaminantes que de otra manera fácilmente entrarían desde la vagina. Durante la preñez el cerviz crea un tapón natural (tapón cervical) para crear un medio estéril y seguro en el que vivirá el feto. La ruptura de este tapón durante la preñez que algunas veces puede suceder durante una inseminación errónea, (de una vaca preñada) puede provocar un aborto. La luz (lumen) del cerviz es muy angosto y contiene una serie de pliegues de la mucosa que forma 3 o 4 anillos internos inclinados en dirección caudal. (Figura 4) Hay algunas ramificaciones de estos principales o secundarios anillos que ayudan al transporte y reservorios del semen. Este gran número de anillos a su vez ayuda al

cerviz a expandirse durante el parto. Además el cerviz produce una secreciones gruesas durante el metaestro, diestros y la preñez y unas secreciones delgadas que son abundantes durante el celo que ayudan a facilitar el transporte y la lubricación del semen. Una capa muscular fuerte, le da al cerviz esa estructura dura que se siente cuando se realiza la palpación rectal y es lo que lo hace muy fácil de identificar por encima de cualquier otra estructura. La perfecta identificación del cerviz a la palpación rectal deberá ser el punto de partida para un adecuado procedimiento de IA.

Útero

Craneal al cerviz, se encuentra el útero, envuelto en el ligamento ancho del útero que como mencionamos arriba le da gran movilidad. Compuesto por epitelio ciliar columnar, el útero es el lugar donde se lleva a cabo la gestación, es el responsable por brindar protección al feto y mantener una compleja comunicación entre la madre y el feto. Aunque esta compleja relación ha sido por mucho estudiada, aun existen algunas áreas fisiológicas y bioquímicas que no se entienden por completo. Las paredes del útero tienen numerosas funciones durante la gestación. Tiene un tejido secretor que produce la "leche uterina" que sirve de nutriente para el embrión durante las primeras etapas de la gestación. En el útero se pueden encontrar alrededor de 100 a 120 carúnculas del tamaño de un grano de maíz distribuidas uniformemente en le endometrio. Estas carúnculas sirven de punto de conexión para la placenta durante la preñez. Las carúnculas se unen intimamente a los cotiledones para formar unas complejas y bien vascularizadas estructuras llamadas

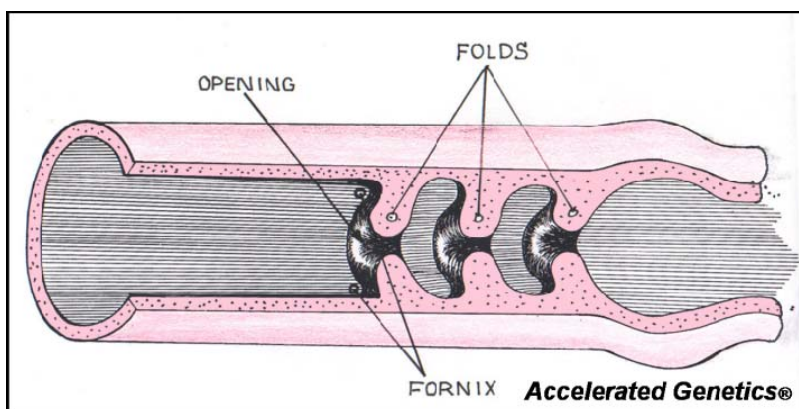


Figura 4. La ilustración muestra los anillos cervicales formados por los pliegues internos en un plano transversal y el fornix del cerviz como resultado de una protrusión del primer anillo del cerviz en la vagina.

placentomas. Cada placentoma puede crecer hasta 2 pulgadas de ancho y sirve de unión de la placenta, de intercambio sanguíneo que lleva nutrientes al feto y recoge los desechos del mismo para llevarlos a la orina de la madre. La placenta también se convierte en una poderosa glándula secretora que interactúa con el endometrio y los ovarios para producir progesterona, estradiol, prolactina, y otras importantes hormonas.

La pared uterina tiene una fuerte masa muscular que ayuda en la expulsión del feto al momento del parto y de las membranas fetales al poco tiempo después del parto. Desde el punto de vista anatómico el útero puede dividirse en cuerpo del útero y dos cuernos. El cuerpo del útero es la primera parte del útero en dirección caudo-craneal y es la única porción compartida de las dos mitades derecha e izquierda del útero. Internamente tiene una medida de 2 pulgadas de largo antes de la iniciación de la bifurcación interna. Esta parte puede representar un obstáculo para un inexperto técnico en IA tratando de identificar el cuerpo del útero a través de la bifurcación externa durante la palpación rectal. El cuerpo del útero, inmediatamente después del cerviz, se convierte en el Blanco, o punto de depósito del semen durante la IA. Los cuernos uterinos son la continuación directa del cuerpo del útero. Cada cuerno (derecho e izquierdo) es una estructura cilíndrica y simétrica de cerca de 8-12 pulgadas de longitud y cerca de 2 pulgadas de diámetro dependiendo de la edad y estado fisio-patológico del animal (abierto, preñada, endometritis, tumores, etc.) después de la bifurcación externa y continuando en forma craneal los cuernos se doblan en una posición ventro-caudal y después se vuelven a doblar en forma dorsal para juntarse al oviducto (Observar Figura 2).

Oviductos

Con un tamaño de 7 pulgadas de largo y ¼ de pulgada de ancho cada oviducto (derecho e izquierdo) se convierte en la estructura que une los cuernos uterinos con el ovario, además de ser el sitio donde se lleva a cabo la fertilización. El extremo craneal del oviducto presenta una abertura ancha y delgada en forma de embudo llamada *fimbria* la cual abraza el ovario y captura el óvulo durante la ovulación. Una vez que el óvulo entra el oviducto, viaja y se deposita en la *ampolla* (la parte media del oviducto) esperando por el espermatozoide para llevar a cabo la fertilización. Si la fertilización ocurre el ovulo fertilizado (embrión) viaja en dirección caudal a través del istmo y la unión uterotubal para llegar al cuerno 3 a 4 días después.

Ovario

Los ovarios son las estructuras más importantes y complejas del tracto reproductor de las vacas debido a que interactúa con otras glándulas y estructuras nerviosas en el cuerpo para poder controlar el ciclo reproductivo de la vaca. El complejo ovario-hipotalamo-hipofisis se encarga de gobernar las funciones ováricas y uterinas que determinan los diferentes eventos del ciclo estral (celo y gestación). Los ovarios de aproximadamente 1.5 pulgadas de largo y ½ de ancho, contiene dos principales estructuras, el cuerpo lúteo (producción de progesterona) y los folículos que producen el estradiol y producción de óvulos en diferentes estados de madures. Aunque existen miles de óvulos en los ovarios, todos ellos se formaron durante el desarrollo embrionario o fetal mucho antes del nacimiento. Durante el ciclo estral de una vaca un grupo de óvulos compite por el desarrollo y la maduración final (Folículos de Graff), ejerciendo dominancia durante cada onda folicular, pero bajo condiciones normales un solo folículo dominante de la última onda folicular puede ser ovulado.

La Pubertad En El Ganado

La pubertad puede ser entendida bajo dos conceptos: La edad al primer celo y ovulación o se puede definir como la edad a la cual una hembra es capaz de llevar a cabo una gestación sin efectos secundarios que causen problemas en la madre o el becerro. La primera definición puede resultar errónea porque de hecho la primera ovulación ocurre sin presencia de celo un fenómeno conocido como celo silencioso. La edad a la primera ovulación puede ser un buen criterio para definir la pubertad pero es muy difícil de determinar. El primer celo silencioso en becerras, se piensa que ocurre por un requerimiento del hipotálamo para ser expuesto a la progesterona antes que pueda responder a los efectos de los estrógenos. El siguiente ciclo estral es más corto en becerras y es caracterizado por un cuerpo luteo (CL) pequeño. Es por todo esto que la edad a primer celo puede no reflejar la capacidad reproductiva. Debido a que la pubertad va acompañada de madures física, la segunda definición parece más acertada desde el punto de vista de manejo en las vacas.

El inicio de la pubertad depende de la habilidad de las neuronas hipotalámicas para producir en cantidades adecuadas la hormona liberadora de gonadotropinas (**GnRH**) para que inicie y mantenga la gametogénesis. Las neuronas hipotalámicas deben

Tabla 1. Influencia de la raza y la edad sobre el inicio de la pubertad y edades recomendadas para servir becerras lecheras y de carne.

Raza	Inicio de la pubertad (Meses)	Edad Recomendada
Holstein	9	14 - 15
Suiso	12	14 - 15
Shorthorn Lechero	8 – 11	14 – 15
Guernsey	11	14 - 15
Ayrshire	13	14 – 15
Jersey	8	12 - 13
Angus	12	15
Hereford	13	15
Cebu	19 – 24	24

^aDatos adaptados por Senger, 1999; Wehrman et al., 1996; García et al., 2003; Bearden and Fuquay, 2000; and Kunkle et al., 2002.

desarrollar la habilidad de responder a los estímulos positivos del estradiol antes de que puedan producir suficientes cantidades de GnRH que induzca la ovulación. El desarrollo de estas neuronas está influenciado por 1) el desarrollo del tamaño del cuerpo, 2) medio ambiente y conducta social y 3) genética. Al parecer la glándula pineal puede estar envuelta en el tiempo al que la pubertad se manifiesta influenciando la liberación de hormonas como la FSH, LH y la prolactina.

En general las hembras bovinas alcanzan la pubertad entre los 7 y los 18 meses de edad. Las becerras lecheras alcanzan la pubertad, definida como la habilidad de las hormonas hipotalámicas de producir GnRH en elevadas y constantes cantidades cerca de los 7 o 9 meses de edad (Tabla 1). Los requerimientos de energía para el desarrollo folicular, ovulación y transporte del embrión son relativamente bajos. Sin embargo, los costos metabólicos de la preñez y la lactación a tan temprana edad son muy elevados debido a que la becerria continúa en crecimiento. De tal modo que la vaquilla debe superar unas “metas metabólicas” para lograr inducir la pubertad. También se ha demostrado que existen signos metabólicos necesarios para el desarrollo de las neuronas del hipotálamo que producirán GnRH.

En becerras antes de la pubertad la glándula pituitaria anterior es capaz de producir FSH y LH cuando GnRH es inyectada. De hecho también los ovarios responden produciendo folículos y estradiol cuando son estimulados con FSH y LH. Aun cuando el inicio de la pubertad no está limitado por la producción de gonadotropinas producidas por la glándula pituitaria o por la habilidad de los ovarios de responder a las hormonas gonadotropinas, en su lugar, la falla del hipotálamo de producir suficiente

GnRH ha probado ser el factor limitante del inicio de la pubertad.

Finalmente, hay otros factores que pueden influenciar el inicio de la pubertad en animales domésticos. Estos factores incluyen nutrición (la edad a la pubertad está relacionada al peso del cuerpo del animal) la estación del año (en especies que responden a las estaciones del año), presencia del macho (ejemplo las ovejas y las cerdas), al clima (en especies diferentes al ganado) y condiciones de salud (efectos en crecimiento). Un ejemplo del efecto de la estación del año en la pubertad, lo prenetó Schillo et al., (1992) quien reporto que becerras nacidas en otoño llegaron a la pubertad a más temprana edad que becerras nacidas en la primavera.

BIBLIOGRAFIA

Adams, G. P. 1999. Comparative patterns of follicle development and selection in ruminants. *J. Reprod. Fertil. (Suppl.)* 54:17-32.

Bearden, H. J., and J. W. Fuquay. 2000. *Applied animal reproduction*. Prentice Hall Inc., 5th ed., Upper Saddle River, NJ. pp. 40, 57-60.

García, M. R., M. Amstalden, C.D. Morrison, D.H. Keisler, and G.L. Williams. 2003. Age at puberty, total fat and conjugated linoleic acid content of carcass, and circulating metabolic hormones in beef heifers fed a diet high in linoleic acid beginning at four months of age. *J. Anim. Sci.* 81:261-268.

Kunkle, W. E., R. S. Sand, and P. Garces-Yepez. 2002. Strategies for successful development of beef heifers. Institute of Food and Agricultural Sciences. Florida Cooperative Extension Service, University of Florida. SS-ANS-15.

Noakes, D. E., T. J. Parkison, and G. C. W. England. 2001. *In: Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics*, 8th ed. Harcourt Publishers Ltd. London, UK, pp. 497-499.

- Schillo, K. K., J. B. Hall, and S. M. Hileman. 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *J. Anim. Sci.* 70:3994-4005.
- Senger, P. L. 1999. Pathways to pregnancy and parturition. 1st Rev. ed. Current Conceptions, Inc., Pullman, Washington. pp. 254.
- Sisson S., J.D. Grossman, and R. Getty. 1975. *Anatomy of the Domestic Animals*. Philadelphia: Saunders, 1975.
- Van Eerdenburg, F. J. C. M., H. S. H. Loeffler, and J. H. Van Vliet. 1996. Detection of estrus in dairy cows: A new approach to an old problem. *Vet. Quart.* 18:52-54.
- Van Eerdenburg, F.J.C.M., D. Karthaus, M. A. M. Taverne, I. Merics, and O. Szenci. 2002. The Relationship between estrous behavioral score and time of ovulation in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85:1150-1156.
- Vishwanath, R. 2003. Artificial insemination: the state of the art. *Theriogenology* 59:571-584.
- Wagner, J. F., E. L. Veenhuizen, R. P. Gregory, and L. V. Tonkinson. 1968. Fertility in the beef heifer following treatment with 6-chloro- Δ^6 -17acetoxyprogesterone. *J. Anim. Sci.* 27:1627-1630.
- Wehrman, M. E., F. N. Kojima, T. Sanchez, D. V. Mariscal, and J. E. Kinder. 1996. Incidence of precocious puberty in developing beef heifers. *J. Anim. Sci.* 74:2462-2467.

