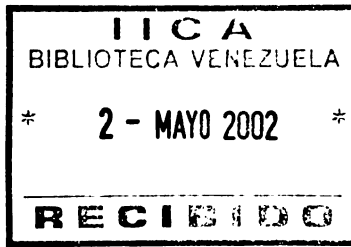


271-255

REPRODUCCION ANIMAL: METODOS DE ESTUDIO EN SISTEMAS







REPRODUCCION ANIMAL: METODOS DE ESTUDIO EN SISTEMAS

IICA
BIBLIOTECA VENEZUELA

23 MAY 2002

Editores:

Manuel E. Ruiz
Bernardo Rivera
Arnoldo Ruiz

RISPAL
RED DE INVESTIGACION EN SISTEMAS
SOSTENIBLES PECUARIOS DE AMERICA LATINA

IICA
00002201
A1/SC-98-01

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) / Red de Investigación en Sistemas Sostenibles Pecuarios de América Latina (RISPAL).
Noviembre, 1998.

Derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del IICA/RISPAL.

Las ideas y los planteamientos contenidos en los artículos firmados son propios de los autores y no representan necesariamente el criterio del IICA.

La Imprenta del IICA es responsable del montaje, fotomecánica e impresión de esta publicación; RISPAL es responsable por el levantado y organización del texto.

Reproducción animal : métodos de estudio en sistemas / ed. por
Manuel E. Ruiz, Bernardo Rivera, Arnoldo Ruiz. – San José,
C.R. : IICA, 1998.
342 p. ; 23 cm. – (Serie de Ponencias, Resultados y
Recomendaciones de Eventos Técnicos / IICA, ISSN 0253-4746; no.
A1/SC-98-01).

ISBN 92-9039-384 X

1. Reproducción animal. I. Ruiz, Manuel E. II. Rivera,
Bernardo. III. Ruiz, Arnoldo. IV. IICA. V. Título. VI. Serie.

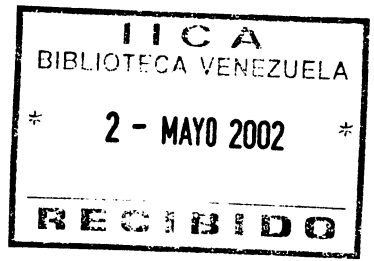
AGRIS	DEWEY
L53	591.16

00002201

SERIE DE PONENCIAS, RESULTADOS
Y RECOMENDACIONES DE EVENTOS TECNICOS

ISSN 0253-4746
A1/SC-98-01)

Noviembre, 1998
San José, Costa Rica



**REPRODUCCION ANIMAL:
METODOS DE ESTUDIO EN
SISTEMAS**

RISPAL

CONTENIDO

PRESENTACION..... 7

INTRODUCCION..... 9

CAPITULO I.

HERRAMIENTAS DE UTILIDAD EN EL
DIAGNOSTICO REPRODUCTIVO ✓

Martha Olivera Angel..... 11

CAPITULO II.

PROPUESTA METODOLOGICA PARA EL DIAGNOSTICO
Y LA INVESTIGACION DE LAS ENFERMEDADES DEL
APARATO REPRODUCTOR

Jorge Tórtora Pérez..... 31

CAPITULO III.

EFICIENCIA REPRODUCTIVA DE LOS BOVINOS PARA
CARNE Y DOBLE PROPOSITO: METODOS DE
EVALUACION ✓

Bernardo Rivera S. 73

CAPITULO IV.

EVALUACION REPRODUCTIVA DEL GANADO
LECHERO ✓

Manuel I. Gallego M. 109

CAPITULO V.

EVALUACION REPRODUCTIVA DE CAPRINOS Y
OVINOS ✓

Arturo A. Trejo González..... 129

CAPITULO VI. ✓

EVALUACION REPRODUCTIVA DE
CAMELIDOS SUDAMERICANOS*César Novoa*..... 175

CAPITULO VII. ✓

EVALUACION REPRODUCTIVA EN PORCINOS

Lilia Consuelo Velasco Zambrano..... 209

CAPITULO VIII. ✓

EVALUACION REPRODUCTIVA DE CUYES

César Novoa y Lilia Chauca..... 241

CAPITULO IX. ✓

BIOTECNOLOGIA EN REPRODUCCION
ANIMAL: PERSPECTIVAS EN AMERICA LATINA*Luzardo Estrada López y Martha Olivera Angel*..... 263

CAPITULO X. ✓

PROPUESTAS METODOLOGICAS PARA LA
EVALUACION ECONOMICA DE
PROBLEMAS REPRODUCTIVOS*Ernesto Reyes*..... 301

CAPITULO XI. ✓

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION
REPRODUCTIVA: CONCLUSIONES*Manuel E. Ruiz y Bernardo Rivera S.*..... 343

PRESENTACION

En una consulta regional que se hizo en 1995, promovida por el International Livestock Research Institute, el CIID y el IICA, se llegó a desarrollar una visión del sector pecuario en América Latina y el Caribe, reconociendo que existen diversidades en este vasto continente. La visión es que el sector pecuario se ajustará a las demandas urbanas e internacionales en un ambiente de economía abierta, de forma tal que sus productos sean más competitivos en calidad e higiene, para cumplir no solo con las expectativas nacionales sino también con las normas internacionales. La visión contempla un crecimiento de la importancia de la ganadería concomitante con una mejora en los ingresos y con la evolución de los patrones de consumo; este crecimiento no puede basarse en una expansión de la frontera agrícola sino, más bien, en una estrategia de intensificación y reconversión. De hecho, las políticas macroeconómicas ya han causado cambios profundos en la estructura de incentivos en el sector.

Lo anterior significa que la ganadería se hará cada vez más diversificada y diferenciada. El comercio de productos de origen animal se está haciendo más intenso y especializado y hay cada vez más presión para que la ganadería internalice las preocupaciones ambientales y la protección de los recursos naturales.

La intensificación de la ganadería tiene como condiciones sine qua non la reproductividad de su plantel, tecnología que la sustente, metodología para evaluarla y corregirla, ponderación económica de los cambios tecnológicos e incorporación de la biotecnología. Todos estos elementos se encuentran en el presente libro, resultado de un esfuerzo más de la Red de

Investigación en Sistemas Sostenibles Pecuarios de América Latina (RISPAL) para conjugar, en un solo documento, valiosos aportes de destacados especialistas en reproducción animal.

Me place presentar ante los especialistas pecuarios, profesores, investigadores, extensionistas, productores y estudiantes, esta obra que, con certeza, será una excelente fuente de consulta en sus quehaceres y en los esfuerzos por modernizar y alcanzar la sustentabilidad del sector pecuario.

Gregorio Contreras
Director
Centro Regional Central
IICA

INTRODUCCION

Una de las ventajas del enfoque de sistemas de producción es que otorga una mejor visión de las variables y condiciones que afectan el proceso productivo y reproductivo, La interacción de variables en este proceso se da en diferentes niveles, ya sea en la finca o en ámbitos nacionales, regionales e internacionales.

El productor coloca gran peso en su toma de decisiones a su habilidad para integrar una multiplicidad de factores y eventos que inciden en su producción. Estos involucran consideraciones de campo en que una miriada de cultivos, especies mayores y menores de animales, árboles, peces, y otras actividades, se llevan a cabo en forma simultánea. Es comprensible, entonces, que, si bien el productor merece el reconocimiento de sus destrezas y experiencias, no puede ser un especialista en cada una de esas actividades ni mucho menos en cada una de las disciplinas que cada actividad envuelve. También es claro que cualesquiera que sean las mejoras en cualquiera de los factores que inciden en la productividad de la finca, se tendrá un efecto positivo sobre el nivel de vida en el sector rural y mayor capacidad del productor para competir en un mundo que cada vez demanda más eficiencia y cuidado en el uso de los recursos y mayor calidad de los productos logrados.

La reproducción de los animales es justamente uno de los factores de los sistemas de finca que puede ser mejorado por los propios productores, siempre y cuando ellos cuenten con la información apropiada o con un servicio de apoyo técnico que dominen los criterios y métodos tecnológicos. Es por ello que la Red de Investigación en Sistemas Sostenibles Pecuarios de América Latina (RISPAL) hizo el esfuerzo de reunir a connotados especialistas en reproducción animal para poner a disposición de los productores, profesionales de enseñanza, investigación y

desarrollo, y estudiantes, métodos, estrategias y planteamientos que, sin duda alguna, serán de muy alto valor práctico y científico en los procesos de toma de decisiones y en las investigaciones futuras.

La sostenibilidad de la agricultura depende de que el ecosistema que la soporta pueda regenerarse. La ganadería es una de las actividades que inciden significativamente en este proceso; su transformación para que contribuya en forma más tangible a la producción sostenible de alimentos de alta calidad, y a la protección y conservación de los recursos naturales, dependerá, entre otros factores, de su habilidad para proteger y conservar sus propios recursos internos. El principal de estos recursos es el capital semoviente y el medio más determinante de su regeneración y crecimiento es la reproducción. Esto hace que el contenido de este libro nos cause gran satisfacción y seguridad de su utilidad para todos los actores del desarrollo pecuario sostenible.

Terminamos agradeciendo el apoyo de los Drs. Lucía Vaccaro y Rodolfo Vaccaro, ambos de la Universidad Central de Venezuela, en la organización del taller que sirvió de ámbito para la discusión de los temas que se presentan en esta obra. Así mismo, se agradece el apoyo dado a RISPAL, por parte del Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, lo que permitió no solo la realización del taller sino también la publicación de esta obra que ahora queda en vuestras manos.

Bernardo Rivera S.
Manuel E. Ruiz

CAPITULO I

HERRAMIENTAS DE UTILIDAD EN EL DIAGNOSTICO REPRODUCTIVO

Martha Olivera Angel

*Grupo Biogénesis, Universidad de Antioquia
Medellin, Colombia*

CAPITULO I

HERRAMIENTAS DE UTILIDAD EN EL DIAGNOSTICO REPRODUCTIVO

Martha Olivera Angel¹

INTRODUCCION

Los animales que sirven al hombre como fuentes de trabajo y materia prima, alimentación o compañía, presentan algunas características similares en su actividad reproductiva. Esta comienza con la pubertad, evento que se caracteriza en las hembras por la manifestación del primer estro o calor; internamente, se inicia el funcionamiento regular de las hormonas básicas femeninas, estrógeno y progesterona. En los machos, se caracteriza por la aparición de espermatozoides fértiles en el eyaculado como consecuencia de la actividad regular de testosterona; una vez alcanzada la madurez sexual su función reproductiva es permanente. Las hembras por el contrario, solamente muestran habilidad para la reproducción en forma cíclica. El ciclo estral consta de varias fases determinadas por diferencias en los niveles de las hormonas circulantes: estro, poestro (metaestro), diestro (interestro) y proestro (Cuadro 1). El anestro es la ausencia del ciclo estral y se considera normal en algunas especies, en relación con eventos estacionales (cantidad

¹ MV, Dr. sc. agr. Investigadora Asociada, Grupo Biogénesis, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

de luz/día) o durante la lactancia. Puede también presentarse anestro patológico en deficiencias alimenticias o enfermedades sistémicas.

Cuadro 1. Duración promedio de las diferentes fases del ciclo estral en algunos animales domésticos, días

	Proestro	Estro	Posestro	Diestro	Anestro
Vaca	3 - 4	0.5	2	15	Patológico
Cerda	2	2 - 3	2	14	Lactancia
Oveja,	2	1 - 2	2	11 - 12	Estacional
Cabra					

Knobil y Neill (1988).

El estro es el periodo en que la hembra acepta al macho gracias a la actividad estrogénica, responsable del comportamiento sexualmente agresivo hacia el macho y de la preparación de los órganos genitales para aceptar la cópula y facilitar la fecundación. La ovulación ocurre durante el estro o a comienzos del posestro, formándose un cuerpo lúteo en el lugar donde se produjo la ruptura. El cuerpo lúteo es el responsable de la producción de progesterona (interestro), la cual induce en el animal la ausencia de deseo sexual y el comportamiento tranquilo; a nivel de los órganos reproductivos, induce la preparación para la implantación y posterior gestación del embrión.

En caso de no producirse fertilización del ovocito o de que muera el embrión de manera temprana, el útero produce otra hormona llamada prostaglandina F2a que induce la regresión del cuerpo lúteo, con el descenso en los niveles de progesterona y un

rápido crecimiento folicular con secreción de estrógenos; este período se conoce como proestro.

Cuando se produce la preñez, el cuerpo lúteo se mantiene y continúa con la producción de progesterona. El ciclo estral se interrumpe durante la gestación, la cual tiene una duración media de 283 días en la vaca, 150 en la oveja, 148 en la cabra y 115 en la cerda.

La eficiencia reproductiva es un factor determinante del éxito en la explotación de los animales domésticos. Por ello, desde hace muchos años se han desarrollado métodos de diagnóstico para establecer el estado reproductivo de los animales, su normalidad o su patología, y con base en estos resultados tomar las decisiones para el mejoramiento del mismo.

MÉTODOS DE DIAGNOSTICO

Cambios en el aspecto físico del animal

El metabolismo anabólico de los animales en gestación, generado por los niveles de progesterona circulante, permite que ganen peso rápidamente, para suplir sus requerimientos fisiológicos y el crecimiento del feto. Un tiempo antes del parto, el animal prepara la ubre para la lactancia, produciéndose un aumento de tamaño de los alvéolos, lo que conlleva a un aumento claro del tamaño de la misma. Antes del parto se produce el llenado de la ubre con calostro.

Cambios en el comportamiento

En porcinos, ovinos y caprinos la presencia del macho cerca de los corrales de las hembras, produce un efecto de estímulo y de sincronización de los ciclos estrales. En estas especies, el acercamiento del macho a la hembra entre el día 18 y 25 posterior al servicio constituye un método diagnóstico dado que si la hembra está gestando lo rechaza agresivamente. Sin embargo, cuando los animales no ciclan regularmente, esta prueba produce falsos positivos, por ejemplo en los casos de anestro (Gordon 1997a, 1997b).

Cambios microscópicos en el aparato reproductor

Biopsia vaginal. La biopsia vaginal se realiza con el fin de determinar los cambios microscópicos que se suceden en las células epiteliales por influencia hormonal en las diferentes fases del ciclo estral o durante la gestación. Cuando la hormona dominante es el estrógeno, el número de capas celulares es alto y poligonal, mientras que cuando la hormona dominante es la progesterona, el número de capas epiteliales disminuye y se aplana, además de mostrar vacuolas y leucocitos.

El procedimiento a seguir es cortar un pedazo de mucosa vaginal del tamaño de un frijol delante del anillo himenal (no del vestíbulo) y se conserva en una solución de formalina al 5%, para ser coloreada posteriormente en el laboratorio. Con un equipo de dos o tres personas se pueden tomar aproximadamente 30 muestras por hora. La prueba se realiza a partir del día 21 del servicio en los cerdos o del día 30 en las ovejas y cabras. El diagnóstico tiene un margen de seguridad de 95-98% en animales preñados y de 80% en los no preñadas (Gordon 1997a, 1997b).

La misma prueba o simplemente una citología vaginal, es útil para determinar la fase del ciclo estral, con una certeza del 80%, a partir de la forma de la célula y las características del núcleo.

Cambios macroscópicos en el aparato reproductor

Palpación rectal. A través del examen clínico basado en los cambios macroscópicos del aparato reproductor (cuello, útero y ovarios) se puede diagnosticar la fase del ciclo estral, la gestación o el estado puerperal. Se realiza en aquellos animales que permiten la introducción del brazo a través del recto, de forma que se alcance toda la cavidad pélvica y parte del abdomen posterior. Este examen se realiza en bovinos, equinos y búfalos. Se estima que la manipulación temprana del útero preñado puede producir pérdidas hasta del 10% (Thibier 1981).

A través del examen rectal se obtiene un 90% de certeza en animales preñados entre los 40 días y los cinco meses de gestación y un 100% en animales vacíos normales (Morrow 1986). Sin embargo, el porcentaje de certeza disminuye a medida que aumenta el número de partos del animal.

En las cerdas, se puede introducir la mano hasta el borde anterior de la pelvis y determinar el cruce de la arteria iliaca externa con la arteria uterina. Cuando la cerda está vacía el diámetro de la arteria iliaca es mayor que el de la arteria uterina y cuando está preñada, es la uterina la que presenta un mayor diámetro. Este diagnóstico es relativamente fácil de realizar y lleva a un 90% de seguridad en animales con más de 30 días de preñez. Sin embargo, sólo se puede llevar a cabo en cerdas grandes o adultas, ya que de otra forma es muy difícil la introducción de la mano por el recto (Gordon 1997b).

Palpación e inspección del flanco o palpación abdominal.

Cuando el feto desciende al abdomen, al ejercer una corta presión del puño contra el flanco derecho, se puede percibir que rebota. Sin embargo, este método sólo permite la detección de preñeces muy avanzadas y el margen de error es grande, especialmente cuando el animal tiene la panza desplazada hacia la derecha o en casos de tumores (Gordon 1997a, 1997b).

La palpación abdominal se basa en la identificación de los órganos que están en la cavidad por delante de la pelvis. Se puede realizar el examen con una o dos manos dependiendo del tamaño del animal. Por lo general, sirve para detectar preñeces a partir del segundo tercio de la gestación, cuando los fetos descienden a la cavidad abdominal. Una vez sujeto el animal, se lleva la mano abierta en dirección de la columna vertebral lo más arriba posible. Allí se trata de cerrar la mano y se van identificando las estructuras que se deslizan por entre las yemas de los dedos.

Este diagnóstico funciona muy bien en conejas gestantes, no así en otras especies como cabras y ovejas que tensionan demasiado la pared abdominal y hacen difícil su ejecución (Morrow 1986).

Combinación del examen rectal y la palpación abdominal.

Este diagnóstico se realiza con un tubo plástico hueco de 1.5 cm de diámetro y 50 cm de largo, con un extremo cerrado y con bordes redondeados. Los animales se colocan en decúbito lateral o en tal forma que el tren posterior alcance unos 45 grados con respecto al piso. Se introduce el tubo, lubricado previamente, a lo largo del recto (30 a 35 cm) manteniendo el sentido de la columna. La otra mano se sitúa en la parte caudal del abdomen inmediatamente antes de la ubre. Se va moviendo el tubo de un lado hacia el otro suavemente, deslizándolo al mismo tiempo en dirección ventral y el

útero es dirigido con el tubo hacia la mano que está en el abdomen. Cuando el animal está preñado, el útero aumentado en tamaño se palpa muy bien. Este no es el caso de animales vacíos, de forma que la diferencia es clara.

En cabras y ovejas se pueden detectar preñeces con 100% de seguridad a partir del día 65-70 (Morrow 1986).

Laparotomía. Es un procedimiento quirúrgico en el cual se expone el útero a la vista a través de una incisión en la pared abdominal. Anteriormente se utilizaba para definir el estado reproductivo de animales en venta o como método de investigación en cabras y ovejas. En estas especies, a partir de la 4ª semana de gestación el útero preñado se vuelve tenso, de 1 cm de ancho aproximadamente y está cayendo a la pelvis. A la sexta o séptima semana se detectan cotiledones y feto con una seguridad del 97% (Philippo *et al.* 1971).

Esta técnica entró en desuso debido al trabajo que representa la preparación del animal y no es útil para diagnóstico del rebaño.

Laparoscopia. Es un procedimiento invasivo en el cual se incide la fosa paralumbar derecha en los rumiantes, o el abdomen en el caso de las cerdas y, utilizando un endoscopio, se puede observar el tracto reproductivo. Con base en la presencia o no de cuerpos lúteos, el día 12 posterior al servicio o la hiperhemia en los cuernos el día 15, se puede determinar si el servicio fue exitoso (Remedios 1996).

Características del moco cérvico-vaginal

Coagulación del moco cervical. Esta prueba se basa en los cambios que se suceden en el moco cervical cuando se somete a cocción en agua. Aunque no se reporta un fundamento teórico, se utilizó en forma práctica durante los años 70. En animales preñados, el moco toma forma de bola de cristal, de color gris a lechoso, en el centro se ve carmelita y en la periferia coagulado. Si el moco se disuelve totalmente en el agua, el animal no está preñado.

Esta prueba funciona muy bien en ovejas y cabras a partir de la sexta semana de gestación, con 100% de seguridad. Sin embargo, existe muchas veces el problema de conseguir suficiente volumen de moco del cuello, ya que en el 60% de los casos no se logra recuperar (Bortedt *et al.* 1983).

Medición de la conductividad eléctrica del moco vaginal. El moco vaginal secretado por las glándulas cervicales bajo la influencia de los estrógenos que se producen a medida que los folículos ováricos se maduran, presenta características de viscosidad, conductividad eléctrica y elasticidad determinadas.

Estas características van cambiando a medida que transcurre el ciclo estral. Durante el celo, las concentraciones de cloruro de sodio aumentan en el moco cervical, lo que determina que la conductividad eléctrica disminuya. Este hecho ha sido estudiado en ovejas, vacas, cerdos, yeguas y humanos.

Para medir la resistencia eléctrica del moco cervical, se realiza una prueba con electrodos circulares colocados en la vagina y se mide la resistencia eléctrica entre los anillos.

Los aparatos que existen en el comercio para utilizar en bovinos han demostrado un 80% de certeza en la detección de calor. El electrodo se coloca en la vagina lo más cranealmente posible. Para determinar con certeza el calor y la cercanía de la ovulación deben realizarse lecturas por lo menos cada 12 horas (Fernando *et al.* 1987).

Métodos inmunológicos

El "factor temprano de preñez" parece ser una proteína de alto peso molecular que se produce desde el sexto día de gestación hasta el parto en ratones, ovejas, mujeres y cerdas. La prueba se basa en el siguiente principio: cuando los linfocitos se exponen a glóbulos rojos heterólogos, se pegan alrededor de ellos formando rosetas. Si se agrega suero antilinfocítico se inhibe la formación de las mismas. Cuando se agrega suero de animal preñado, se aumenta la capacidad inhibidora del suero antilinfocítico. La medida del aumento de esta capacidad inhibidora es la base del diagnóstico de preñez (Morton *et al.* 1979; Yostioka *et al.* 1995).

La prueba de ELISA (enzyme linked immunosorbent assay) es una de las técnicas diagnósticas de mayor utilización hoy en día. Consiste de una fase sólida (plástico) a la cual se le adhiere un antígeno o un anticuerpo y sobre éste se adiciona la muestra problema que se espera tenga el anticuerpo o el antígeno complementario. La presencia de este último se revela con la adición de un anticuerpo marcado con una enzima (este anticuerpo llamado monoclonal, está dirigido contra el antígeno o anticuerpo que se quiere detectar y debe ser producido en una especie animal diferente), que finalmente se agrega al sustrato. Si el sustrato es positivo genera una reacción de color que se puede detectar a

simple vista o se puede cuantificar con ayuda del espectrofotómetro.

Para el caso de la reproducción se utilizan muy frecuentemente anticuerpos monoclonales, dirigidos contra una hormona, contra un virus o contra una bacteria. Algunos de los kits que se encuentran en el mercado sirven para la medición de progesterona, LH, o la detección de brucelosis o IBR. La mayoría de los laboratorios de diagnóstico producen sus propios kits.

Técnicas de ultrasonido

Las imágenes de ultrasonido son el resultado de señales eléctricas que se convierten en ondas ultrasónicas o sonoras de frecuencia específica y se reflejan con diferentes densidades hacia la fuente de origen: el transductor. Estos ecos o reflexiones se producen cuando las ondas encuentran interfaces entre los tejidos de densidades variadas o sea impedancias diferentes. Los tejidos con impedancia acústica baja tienen una menor densidad molecular y producen ecos de baja amplitud. Los ecos se convierten en corriente eléctrica que puede ser visualizada en una pantalla. Así se producen diferentes imágenes para tejidos como grasa, músculo, fluido, gas y hueso. Durante el examen de preñez, el tejido fetal contrasta con los líquidos fetales y esto determina el diagnóstico.

El tejido sólido es reflectivo (ecogénico) y aparece gris o blanco en la pantalla, mientras que los líquidos fetales no refractan las ondas (no-ecogénico) y producen imágenes en negro. Las ondas de baja frecuencia penetran mucho más profundo dentro de los tejidos. Las de alta frecuencia tienen pulsos más cortos que

producen una imagen de mejor resolución y mayor detalle. Los objetos de tamaño inferior a esta amplitud de onda, no son percibidos en la imagen del ultrasonido.

Las frecuencias ultrasónicas más frecuentemente usadas en los exámenes reproductivos son entre 3.5 y 5.0 megahertz. Este concepto es importante para decidir qué aparato usar, sabiendo que al aumentar la profundidad de penetración se reduce la resolución.

Existen tres técnicas de utilización del ultrasonido: Doppler, Modo A y Modo B.

Método Doppler. Se basa en la medición o audición de ondas que se envían a través del transductor y son refractadas por tejidos o flujos en movimiento, produciendo un cambio en la frecuencia de las mismas. Con este método es relativamente fácil medir los latidos cardiacos o el flujo sanguíneo en la circulación fetal. Se puede diferenciar entre la frecuencia cardiaca del feto y el de la madre. Si no existe pulso fetal, el animal no está preñado o los fetos están muertos.

Se pueden utilizar dos clases de sondas: la transabdominal o la transrectal. Con la sonda transabdominal se oyen las diferencias en frecuencia o las ondas rítmicas producidas por el corazón a través de un pequeño parlante que tiene el aparato o de audífonos. Algunos traen como aditamento una pantalla. Cuando la persona que realiza la medida tiene bastante experiencia se pueden detectar preñeces en ovejas desde los 60-70 días con un 99% de seguridad y en cerdas desde 35-45 días con un 90% de seguridad. Hasta el momento, el método Doppler es el más utilizado y más barato; el equipo tiene un valor comercial de US\$ 300-400.

La técnica Doppler intrarectal ha sido reportada como de mayor exactitud y permite diagnosticar prefeceas más tempranas, con una certeza que oscila entre el 90 y 95% a los 46 días de gestación en ovejas (Kahn 1994).

Método Modo A. El ultrasonido producido por este aparato detecta la amplitud y la profundidad. Con este método se realiza un diagnóstico rápido y sencillo. Las ondas enviadas por el transductor se reflejan sobre un tejido de valor acústico diferente (cantidad de líquido, útero gestante) y limitan el objeto. Los ecos son recibidos por el transductor y se convierten en señales amplificadas o diseminadas por la pantalla de rayos catódicos o en otra forma visual. La seguridad en ovejas y cabras con más de 65 días de gestación es de 91 por ciento. En prefeceas de menos de dos meses es de 35 por ciento (Gordon 1997a).

Método Modo B. Los exámenes reproductivos más detallados requieren equipos de esta clase, que además de producir imágenes con amplitud y profundidad como el modo A, produce diferentes brillos e intensidades. Así, la determinación del número de fetos y edad de los mismos es sencilla. La amplitud del eco es el responsable de la variación en la escala de colores grises que aparecen en la pantalla. La densidad del tejido se representa por una escala de negro (fluido) pasando por los tonos grises (tejidos blandos) hasta el blanco (hueso). Las imágenes ultrasonográficas se envían continuamente, con lo cual se pueden discriminar movimientos.

El equipo se ofrece con dos sondas, una para diagnóstico transabdominal y otra para diagnóstico transrectal. El diagnóstico

transabdominal se realiza fácilmente, en 5 a 10 segundos. En ovejas y cabras se obtiene un 95-100% de certeza con gestaciones entre 40-80 días (Gordon 1997a). Cuando se desean hacer diagnósticos con menos de 35 días de gestación, se requiere de un transductor transrectal. En bovinos se pueden detectar el 98% de las preñeces a partir de la cuarta semana de gestación.

La sonda transrectal se usa para estudiar la zona directamente craneal y levemente ventral a la vejiga urinaria. Esta última es el punto de referencia para localizar el cuerno no grávido o recién preñado. A medida que se desplaza la sonda a lo largo de la línea media, aparece la vejiga llena de líquido. Manteniendo la sonda en dirección ventral se visualizan las estructuras cercanas. El diagnóstico de preñeces menores de 40 días se logra entre 15 y 20 segundos. Este aparato se puede utilizar para equinos, bovinos, porcinos ovinos y caprinos; su costo es de US\$ 20 000 e incluye las sondas mencionadas.

Detección de hormonas

Progesterona. La técnica se basa en la determinación de los niveles de progesterona circulantes, los cuales son altos durante el interestro y la preñez y bajos durante el celo. Como método de diagnóstico ha sido probado en casi todas las especies domésticas, desarrollándose un procedimiento de fácil aplicación en el campo, como es la medición a través de radioinmunoanálisis en fase sólida o los ELISAs.

A través de un programa de registros del hato llevados en forma constante y con supervisión técnica, se utiliza la prueba rápida para ayudar en la determinación de algunos eventos

reproductivos tales como la confirmación del estro y detección de vacas abiertas.

- **Confirmación del estro.** Se estima que entre el 5 y el 13% de las vacas no están en celo en el momento de la inseminación, debido a una mala detección, lo cual se traduce en servicios perdidos, incremento del número de servicios por preñez y mayores costos del servicio. La prueba rápida de progesterona puede dar mayor seguridad del estro. El procedimiento consiste en tomar muestras de sangre o leche en el momento de la inseminación; aquellos animales que presentan niveles de <0.5 ng/ml acompañados de otros signos externos de calor, pueden ser inseminados. En cambio, los animales que presenten niveles superiores ya han superado la ovulación y no deben ser inseminados.
- **Detección de vacas abiertas.** La prueba rápida de progesterona en leche o sangre se puede utilizar para determinar el estado de preñez en vacas 21 a 22 días después del servicio. Niveles por encima de 5 ng/ml en sangre u 8 ng/ml en leche son indicativos de preñez, con un porcentaje de precisión del 75%. Los falsos positivos se deben a la presencia de endometritis, quistes, cuerpos lúteos persistentes, error en la toma de la muestra, variación normal en el promedio del ciclo estral de un individuo y muerte embrionaria temprana. Los costos oscilan entre USD 10 y USD 14 por prueba.

Estrógenos. El sulfato de estrona producido por la placenta es excretado por la orina a partir del día 16 hasta el tercer mes de gestación y en cerdos desde los 28 a 35 días hasta los dos meses. La detección de estrógenos en materia fecal también ha sido de

mucha utilidad para los estudios reproductivos en animales salvajes. Se utilizan las pruebas de ELISA, o los radioinmunoensayos los cuales se consiguen a nivel comercial o se preparan directamente en el laboratorio.

CONCLUSIONES

Los métodos descritos son muy variados, de mayor o menor facilidad de ejecución en campo y algunos con mayor grado de confiabilidad en los resultados que otros, siendo los más recomendables:

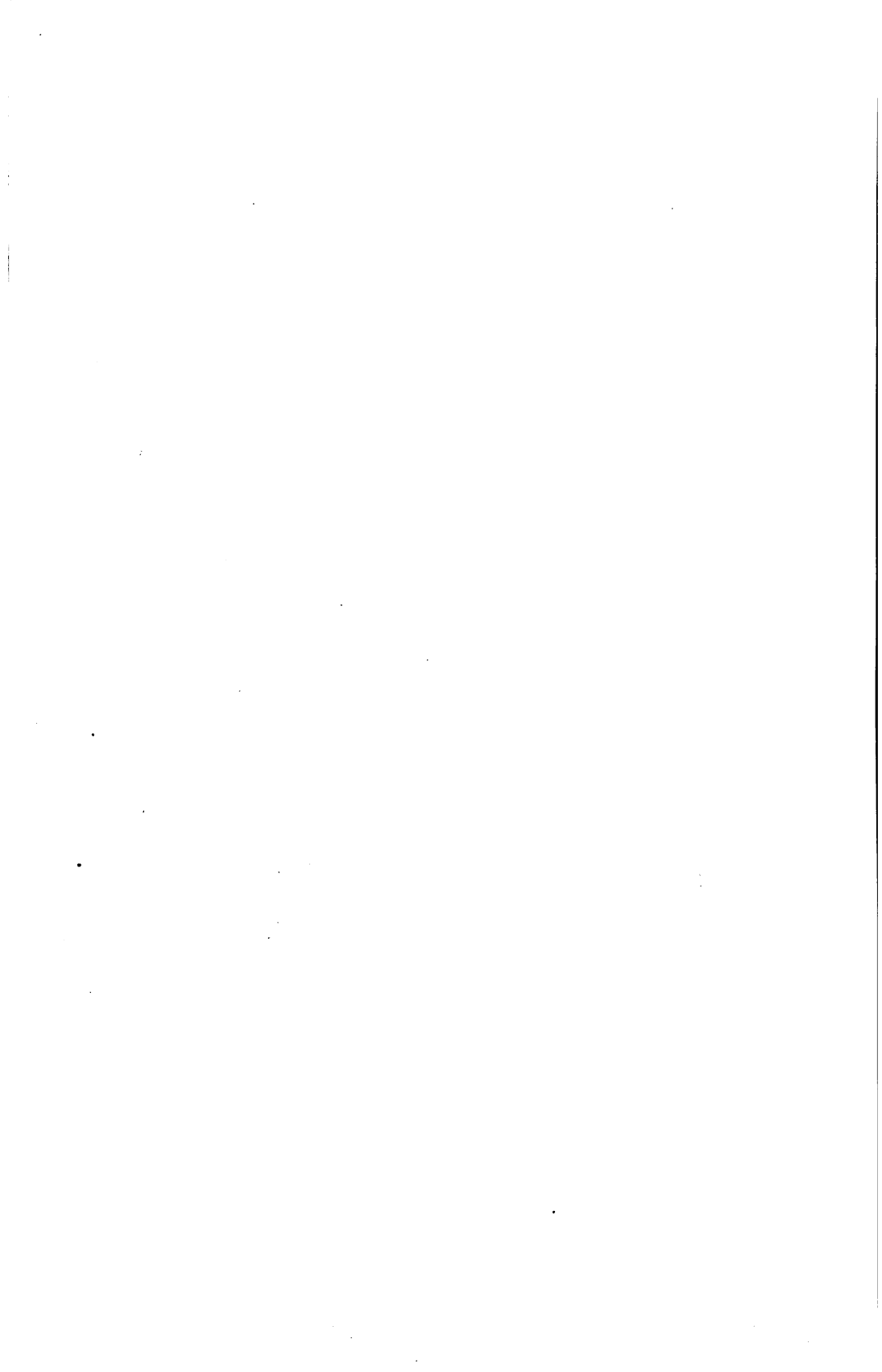
- **Bovinos.** La palpación rectal es rápida, económica, colectiva y útil en cualquiera de los eventos reproductivos.
- **Ovejas, cabras y cerdas.** El método Doppler es confiable, seguro para el manejo y de bajo costo. En cabras y ovejas, si no hay disponibilidad del Doppler, se puede usar el método combinado del examen rectal y palpación abdominal.
- **En cerdas,** la palpación rectal puede combinarse con la prueba con el macho.
- **El ultrasonido** es uno de los instrumentos de diagnóstico de mayor utilización actualmente, los resultados son altamente confiables y producen una gran cantidad de información sobre cualquier evento reproductivo.

- La técnica de ELISA es una de las de mayor utilización en el diagnóstico de enfermedades que afectan la reproducción.

LITERATURA CITADA

- BORTEDT, H.; BERCHTOLD, M.; GRASSLER, R. 1983. Graviditätsdiagnose beim Schaf mit Hilfe von Zervikalschleim-Untersuchungen. In Fortplantungsstörungen bei den Haustieren. F. Shaetz und W. Leidl. Ferdinand Enk Verlag, Stuttgart. 832 p.
- FERNANDO, R.S.; REGAS, M.S.; BETZ, G. 1987. Prediction of ovulation with the use of oral and vaginal electrical measurements during treatment with chlorniphene citrate. *Fertility and Sterility* 47:409-415.
- GORDON, I. 1997a. Controlled Reproduction in Sheep and Goats. VII. Control reproduction in farm animals series. London, CAB International. 450 p.
- GORDON, I. 1997b. Controlled Reproduction in Pigs. VIII. Control reproduction in farm animals series. London, CAB International. 247 p.
- KAHN, W. 1994. Veterinary reproductive ultrasonography. London, Mosby-Wolfe. 56 p.
- KNOBIL, E.; NEILL, J. 1988. The Physiology of Reproduction, Vol I. New York, NY, Ed. Raven. 1390 p.
- MORROW, A.D. 1986. Current therapy in theriogenology. Philadelphia, W.B. Saunders Company. 1300 p.

-
- MORTON, H.; NANCARROW, C.D.; SCARAMUZZI, R.J.; EVISON, B.M.; CLUNIE, G.J.A. 1979. Detection of early pregnancy in sheep by the rosette inhibition test. *Journal of Reproduction and Fertility* 56:75-80.
- PHILIPPO, M.; SWAPP, G.H.; ROBINSON, J.; GILL, J.C. 1971. The diagnosis of pregnancy and estimation of fetal numbers in sheep by laparotomy. *Journal of Reproduction and Fertility* 27:129.
- REMEDIOS, A.; FERGUSON, J. 1996. Minimally invasive surgery: laparoscopy in small animals. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian* 18: 1191-1199.
- THIBIER, M. 1981. Le diagnostic precoce de gestation. In *L'uterus de la vache*. A. Constantin et E. Meissonnier (Societe Francaise de Buiatric). p. 225-229.
- YOSTIOKA, K.; IWAMURA, S.; KAMOMAL, H. 1995. Application of anti-bovine CD2 monoclonal antibody to the rosette inhibition test for detection of early pregnancy factor in cattle. *Journal of Veterinary Medicine Science* 57: 721-725.

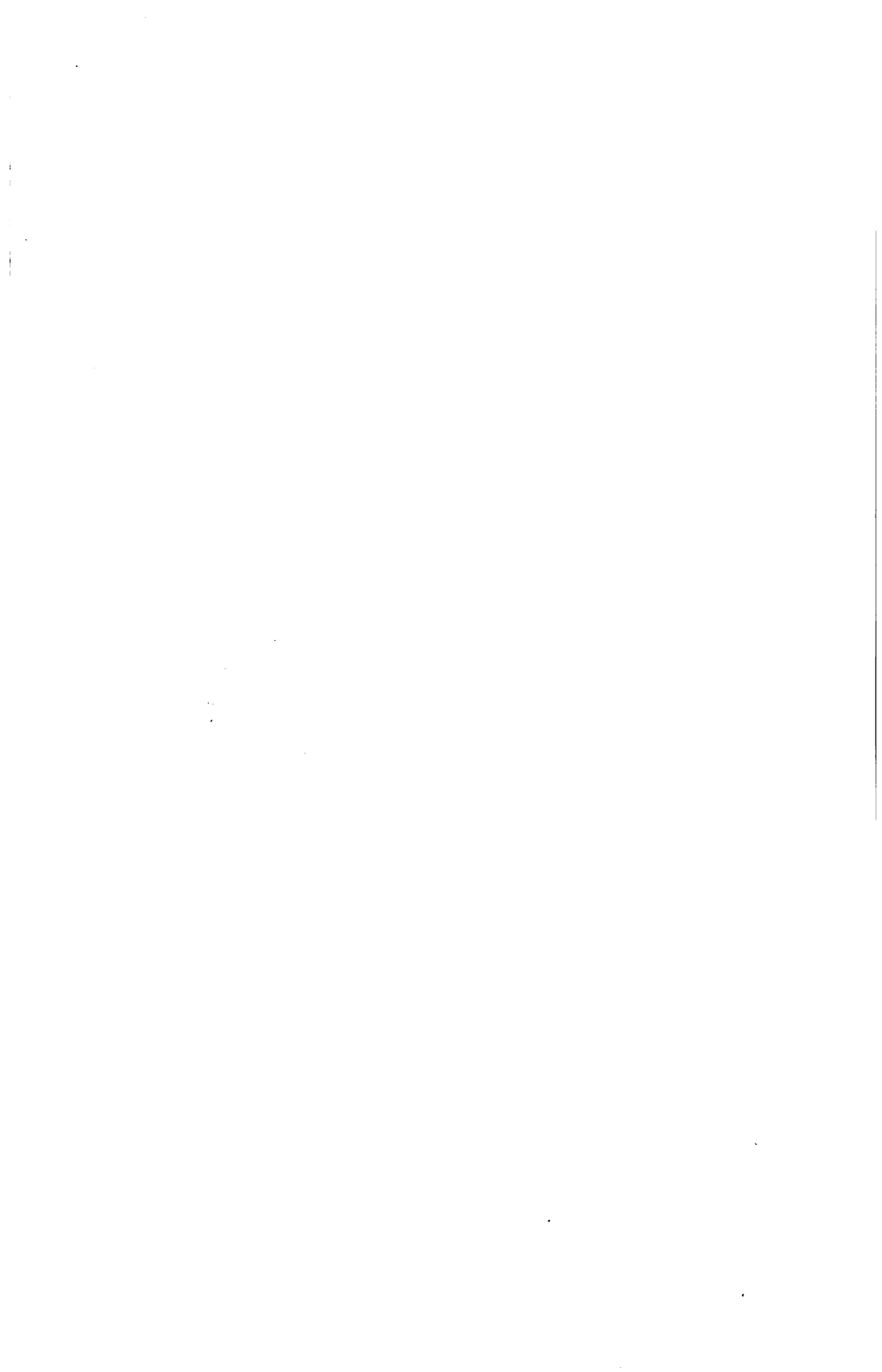


CAPITULO II

PROPUESTA METODOLOGICA PARA EL DIAGNOSTICO Y LA INVESTIGACION DE LAS ENFERMEDADES DEL APARATO REPRODUCTOR

Jorge Tórtora Pérez

*Universidad Nacional Autónoma de México
Cuautitlán Izcalli, 54700, Edo. México, México*



CAPITULO II

PROPUESTA METODOLOGICA PARA EL DIAGNOSTICO Y LA INVESTIGACION DE LAS ENFERMEDADES DEL APARATO REPRODUCTOR

Jorge Tórtora Pérez¹

INTRODUCCION

Es un concepto no discutido que la investigación pecuaria en cualquier disciplina, especie o sistema debe de preferencia controlar la variable de la condición de salud de los animales en estudio y no es válido señalar que los animales se encontraban "clínicamente sanos"; al menos, debería describirse qué incluye esta definición. Para las alteraciones del aparato reproductor esta descripción es particularmente importante, pues no siempre el defecto es detectable en la inspección clínica de rutina y sus consecuencias sobre el comportamiento reproductivo del animal y/o el rebaño pueden ser muy graves.

¹ D.V.M.C. Profesor titular de la Universidad Nacional Autónoma de México. Investigador Asesor Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias SARH. Apartado Postal No. 245, Cuautitlán Izcalli, 54700, Edo. México, México.

El investigador que forma parte de grupos multidisciplinarios en trabajos de investigación en sistemas de producción, tiene sensibles ventajas sobre el investigador disciplinario al tener una mejor visión de todas las variables y condiciones que afectan el fenómeno productivo y las consecuencias de mantener o de cambiar la situación. Por el propio carácter de esta metodología de investigación, la información articula el proceso a diferentes niveles de análisis, ya sea el del productor local o de la situación regional, nacional e internacional. La comparación de parámetros, entre distintos modelos de producción, con un adecuado análisis de las variables que operan en cada caso, permite comprender la participación relativa de cada variables o la importancia de incorporar variables no consideradas y aporta información relevante para el diseño de mejores sistemas productivos. Los problemas sanitarios que afectan el fenómeno reproductivo no escapan a esta generalidad; por el contrario, la evaluación de los parámetros reproductivos y su relación con el factor salud ha sido una constante preocupación de los investigadores y extensionistas del sector pecuario y de los propios productores.

La primera aproximación a la detección de un problema debería entonces iniciar por la demostración de una desviación significativa en algunos de los parámetros reproductivos en relación a otros productores, regiones o valores de referencia para la especie. La comparación entre productores de una misma región reduce el número de variables a examinar. La comparación con valores internacionales obliga a considerar aspectos de un nivel jerárquico superior, desde ámbitos climáticos hasta elementos socioeconómicos y de política. Determinado el parámetro o parámetros afectados, el aspecto central es establecer el factor o factores causales. La comparación dentro del mismo nivel jerárquico, particularmente entre productores, permite demostrar y transferir mas rápidamente aquellos elementos tecnológicos que

tengan impacto sobre los factores que afectan negativamente un determinado parámetro productivo (Villarreal y Heras 1990).

En este trabajo se describen las metodologías de diagnóstico y de investigación de las principales alteraciones reproductivas de los animales con énfasis en su muestreo, interpretación y consecuencias sobre los parámetros de eficiencia reproductiva.

PARAMETROS REPRODUCTIVOS AFECTABLES POR SITUACIONES SANITARIAS

Servicios por concepción

Se define como el número de montas o inseminaciones que recibe la hembra para que quede gestante (Bath *et al.* 1985). Este parámetro puede afectarse por el uso de semen de baja calidad. En caso de monta directa procede el examen andrológico, la colección de semen y el espermiograma de rutina (Holy 1987a, 1987b). Si se utiliza inseminación artificial, debe verificarse la calidad del semen, los sistemas de detección del calor y el proceso de la inseminación. Trastornos inflamatorios agudos o crónicos en el tracto genital de la hembra o la ocurrencia de muertes embrionarias también incrementan el número de servicios por concepción (Chapman 1980). La identificación de hembras que regularmente repiten calores, debe asociarse con patologías del tracto y salvo que el diagnóstico sea claro y el tratamiento de buen pronóstico, debería preferirse su eliminación. En las especies con actividad estral estacional, el animal puede no repetir el calor por estar fuera de la estación y traducirse finalmente en una hembra no productiva (Chapman 1980; Tórtora 1986).

Tasa de parición (natalidad)

Indicador del número de hembras paridas en relación con el número de hembras expuestas al macho o inseminadas (Rivera 1990). Este parámetro puede modificarse por el uso de machos con trastornos reproductivos o inadecuado manejo de la inseminación; por ello, debe realizarse examen andrológico, espermigramas y revisar los procedimientos de inseminación. La presencia de hembras con trastornos en el tracto genital, condiciones nutricionales que cursan con anestro y la interrupción de la gestación (muerte embrionaria y aborto) también afectan este parámetro negativamente.

Tamaño de camada

El tamaño de camada es un parámetro de importancia en las especies multíparas. La mortalidad embrionaria y el uso de machos y/o hembras de baja fertilidad afectan el parámetro. La presencia de productos muertos en el parto (macerados, momificados o lisados) pueden ser un indicador de infecciones uterinas o trastornos endocrinos-metabólicos que deben investigarse (Kirkbride 1985a; Rockborn 1985).

Distocias

El incremento en el número de partos distócicos se asocia generalmente a defectos en el manejo de los cruzamientos (machos de razas pesadas con hembras livianas) o en la alimentación de la hembra gestante (exceso de alimentación en el último tercio de la gestación). Defectos del desarrollo cefálico

pueden inducir gestaciones prolongadas e hidrocefalia con la distocia resultante; estas anomalías se presentan esporádicamente por acción de algunos virus o intoxicaciones (Pijoan 1986a; Tórtora 1989b).

Abortos

En general, se acepta como normal para todas las especies hasta un 5% de abortos, especialmente si se presentan en hembras primerizas. Porcentajes mayores, lo mismo que la observación de calores irregulares (prolongados), un indicador de muertes embrionarias, deben ser investigados (Chapman 1980; Miller 1980),

Tasa de destete

Se define por la proporción de crías destetadas en relación al total de hembras de cría. Constituye un importante indicador de la habilidad materna y de la existencia de factores que determinan mortalidad de las crías (Pijoan 1986b).

Días abiertos

La presentación del primer celo posparto depende de muy variados factores: manejo del destete, alimentación de la hembra, condición fisiológica y patológica del ovario (quistes, ooforitis) y presencia de procesos inflamatorios en el útero (metritis, endometritis) secundarios al manejo del parto (Jubb *et al.* 1985).

PROBLEMAS SANITARIOS DEL MACHO

Los trastornos en el macho que determinan esterilidad o disminución de la fertilidad, con o sin modificación de la libido, pueden ser de graves consecuencias para la fertilidad del rebaño. La intensidad del efecto es, sin embargo, modificada por el manejo reproductivo a que se somete el rebaño, número de machos por hembra a servir, el tipo de monta (corral, controlada, en potrero libre o inseminación artificial) y la existencia o no de controles para verificar la repetición de calores.

El examen clínico del macho puede poner en evidencia diversas situaciones que afectan su fertilidad. La anamnesis y la exploración general del individuo permitirán precisar los antecedentes reproductivos del macho y del rebaño y reconocer la presencia de trastornos del desarrollo relacionados con efectos congénitos o medio ambientales (especialmente alimentación), presencia de enfermedades sistémicas y/o febriles, o problemas en el aparato locomotor que pueden determinar *impotencia coeundi* (Holy 1987a). Este examen puede hacerse de diversas formas,

pero es conveniente que tanto el examen general como el examen particular del aparato reproductor se realicen siempre con la misma rutina.

La simple inspección visual del escroto puede poner en evidencia lesiones en la piel de carácter agudo o crónico, malformaciones como el escroto bifido, posiciones anómalas de los testículos, ausencia de testículos y escroto, cambios de volumen y asimetría (Ladds 1985; Holy 1987a); en ovinos es importante evaluar la cantidad de lana que cubre el escroto. La mayor parte de

estas anomalías son de carácter genético e indican alta consanguinidad y/o falta de control reproductivo.

El escroto en todas las especies cumple un importante papel en la termorregulación testicular y la dermatitis escrotal afecta considerablemente esta función como consecuencia de los cambios vasculares locales, la disfunción o atrofia de sus glándulas sudoríparas y el engrosamiento de la piel (Ladds 1985).

El tratamiento de las dermatitis escrotal es siempre urgente para evitar su extensión y evolución a la cronicidad que podría incluso determinar la esterilidad en el macho afectado, por lo que es conveniente precisar el diagnóstico y el tratamiento consecuente. El raspado y las costras obtenidas de la lesión dérmica son el mejor material para confirmar el diagnóstico y pueden remitirse en sobre por correo junto con una descripción del problema y la historia clínica, al laboratorio de diagnóstico.

La observación de asimetría y cambios de volumen, se asocia a trastornos que deben verificarse con la palpación. La ausencia de testículos (criptorquidia, monorquidia) puede verificarse con una palpación cuidadosa desde la primera semana de vida (Holy 1987a).

En resumen, los principales problemas de naturaleza sanitaria, que afectan al aparato reproductor de los machos, se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Problemas sanitarios del aparato reproductor en el macho

Condición	Factor
Hipoplasia testicular	Genético, nutricional, endocrino-metabólico
Atrofia testicular	Orquitis, nutricional
Orquitis/epididimitis	viral, bacterial

Hipoplasia testicular

La hipoplasia implica un menor tamaño testicular asociado a una menor capacidad espermatogénica y a una fertilidad reducida. La condición presenta un amplio rango de posibilidades patológicas desde las casi normales hasta la azospermia completa, dependiendo si es hipoplasia uni o bilateral. La hipoplasia puede originarse genéticamente o por defectos en el desarrollo prepuberal debidos a situaciones ambientales, especialmente nutrición, o trastornos endocrino-metabólicos (Ladds 1985). La reducción de tamaño por atrofia y la hipoplasia no son siempre distinguibles y por eso se ha empleado el termino hiporquidismo para abarcar ambos conceptos.

La posible presencia de hipoplasia debe evaluarse cuando los animales comienzan la pubertad y de nuevo al seleccionar machos de reemplazo. La práctica de medir el diámetro escrotal, como medida indirecta del peso testicular, es una forma de seleccionar los machos reduciendo el riesgo de las formas menos graves y clínicamente no perceptibles de hipoplasia. El testículo hipoplásico

se caracteriza por su menor tamaño y su consistencia suave (semejante al prepúber).

Atrofia testicular

La atrofia testicular es la forma final de cambios degenerativos en el órgano y puede tener diverso origen: orquitis, trastornos de la termorregulación y defectos nutricionales, entre otros. Se caracteriza por la sustitución del parénquima testicular por tejido fibroso, presentándose a la palpación duros y con adherencias a las envolturas escrotales.

Orquitis y epididimitis

El aumento de volumen del saco escrotal obedece generalmente a procesos inflamatorios agudos y más raramente al acúmulo de líquidos en la vaginal (hidrocele). Los cuadros inflamatorios de mayor interés, aunque no los más comunes, son los debidos a procesos infecciosos en testículo (orquitis) y epidídimo (epididimitis), detectándose fácilmente por la asimetría y diferente grado de turgencia a la palpación. La etiología del proceso puede ser viral (fiebre catarral maligna, lengua azul, IBR, enterovirus y parvovirus) o bacteriana (*Brucella abortus*, *B. suis*, *B. melitensis* y diversos piógenos). En ovinos son especialmente importantes los casos de epididimitis bacteriana por *B. ovis*, *A. seminis*, *H. ovis*, *P. haemolytica* (Ladds 1985). A fin de establecer la etiología de estos procesos se recomiendan los siguientes procedimientos:

Estudios serológicos. Útiles para detectar animales expuestos que no presentan anomalías palpables. En bovinos

pueden emplearse para demostrar que los toros han estado expuestos y eventualmente eliminan el microorganismo, en los casos de brucelosis e IBR; en los carneros en brucelosis (en el caso de *B. ovis* debe solicitarse antígeno de *B. rugosa*).

Castración. La orquitis evoluciona a través de fenómenos autoinmunes a la esterilidad con degeneración y marcada atrofia testicular, excepto un número limitado de casos agudos de etiología viral. Por esa razón, se recomienda la castración por ofrecer las mejores muestras diagnósticas. El contenido escrotal se debe revisar cuidadosamente y se deben enviar muestras refrigeradas de testículo y epidídimo al laboratorio de microbiología y en fijador de Bouin (Anexo I) para histopatología (no más de 1 cm de espesor).

Biopsia y punción. Esta técnica puede usarse para el seguimiento experimental de variables que afecten el epitelio germinal y que pueden ser evaluadas por los cambios histológicos o citológicos en un corto tiempo. No debe realizarse en sementales dado que los daños producidos por la cirugía, la aguja de biopsia o la punción en el parénquima testicular, inducen respuestas autoinmunes que determinan degeneración y atrofia testicular 2 a 6 meses más tarde, en la mayoría de los animales muestreados.

Análisis del semen. El material seminal, obtenido de preferencia con vagina artificial, es una muestra de gran utilidad para intentar el aislamiento e identificación de agentes infecciosos. Con frecuencia, se han identificado virus en el material seminal sin que ocurra daño testicular o epididimario. Igualmente, se pueden aislar bacterias presentes en las glándulas anexas o provenientes del aparato urinario. El frotis directo del semen puede poner en evidencia bacterias y células inflamatorias, así como células anormales del epitelio germinal. Las muestras de semen deben enviarse congeladas o refrigeradas al laboratorio de microbiología.

ENFERMEDADES VENEREAS DEL BOVINO

Son enfermedades venéreas aquellas que se transmiten por el coito o a través del material seminal contaminado en la inseminación artificial (Stella *et al.* 1974). La transmisión venérea puede ocurrir en diversas enfermedades como toxoplasmosis, brucelosis, listeriosis o clamidiosis, aunque es un evento poco común (Tórtora 1986). En el caso de la tricomoniasis y la campilobacteriosis (vibriosis) genital bovina, la vía venérea es la única forma de transmisión de la enfermedad; el macho actúa como portador asintomático y las manifestaciones clínicas más importantes se presentan en las hembras, con repetición de calores, reabsorción embrionaria, abortos y diversos grados de lesión en el tracto genital femenino, desde endometritis hasta piometra (Stella *et al.* 1974). Los machos de menos de cuatro años tienen menor importancia en la epidemiología de las enfermedades venéreas del bovino (Stella *et al.* 1974).

Mecanismos de resistencia en el tracto genital

El conocido cuadro de vaginitis granulosa es una expresión del acúmulo de linfocitos y células plasmáticas en la mucosa vaginal, luego de un estímulo antigénico. Estas células producen altos títulos de anticuerpos, particularmente IgA, que son excretados en el moco vaginal (Agumbah *et al.* 1989; Agumbah and Ogga 1979; García *et al.* 1980). Esta inmunoglobulina aglutina a los microorganismos impidiendo que alcancen el útero y bloquea su adherencia a la mucosa reduciendo la colonización; sin embargo, no actúa con mecanismos que los puedan destruir como la fijación de complemento o la opsonización que favorece la fagocitosis. Por el contrario, las respuestas inflamatorias en el útero favorecen respuestas mediadas por anticuerpos trasudados desde el suero de

tipo IgG e IgM, que al interactuar con los antígenos de los microorganismos, promueven su desintegración por fijación de complemento o fagocitosis (Schnackel *et al.* 1990). Esta diferente respuesta en el tracto interno y externo permite comprender el porqué una vaca enferma puede finalmente quedar gestante en forma normal pero ser portadora de la enfermedad y contagiar a un toro sano en la monta; la respuesta de IgA en vagina no elimina al agente y este queda libre de la aglutinación en el pene y el prepucio del macho. Se comprende también, porqué las muestras más valiosas para demostrar estos agente son las de moco vaginal y prepucial (Pijoan y Flores 1979).

Toma de muestras

Las tomas de muestras, que se describen a continuación (Cuadro 2), se efectúan con el propósito de diagnosticar enfermedades venéreas en el caso de los bovinos.

Cuadro 2. Muestras que se recomiendan para el diagnóstico de las enfermedades venéreas del bovino

Machos	Semen, exudados prepuciales
Hembras	Moco vaginal
Fetos	Estómago, hígado, placentomas

Semen. El semen colectado con vagina artificial puede ser una buena muestra, particularmente si se siembra inmediatamente en agar sangre en condiciones microaerofílicas. Dada la alta

posibilidad de que la muestra se obtenga contaminada, es conveniente usar antibióticos en el medio o bien inhibidores bacteriostáticos; el verde brillante y la novobiocina son los productos que han dado los mejores resultados, el primero en concentración de 1:50 hasta 5 $\mu\text{g/ml}$ y el segundo a 4000 unidades en 400 ml del medio elegido (Clark y Dufty 1978; Bryner 1979; véase el Anexo II). Las muestras que se obtienen por electroeyaculación resultan extremadamente contaminadas.

Exudados prepuciales. El material prepucial puede obtenerse de diversas formas. La técnica tradicional del "lavado prepucial", aunque útil para el diagnóstico de tricomoniasis, es un procedimiento inconveniente para campylobacteriosis. Se puede emplear una pipeta de inseminación conectada a una perilla o a una jeringa; con la pipeta se raspa la superficie del glande y se ejerce presión negativa para coleccionar en su interior el material (Ramos *et al.* 1986; Martínez *et al.* 1986). Se puede también utilizar un trozo de manguera de plástico con borde romo y de 1 a 2 cm de diámetro; con la manguera se raspa el glande y el interior de la mucosa prepucial dilatando las glándulas y el material se colecciona en el interior de la manguera (Stella *et al.* 1974; Clark and Dufty 1978; Bryner 1979, Tedesco *et al.* 1979). Existe un espiral cerrado en acero inoxidable, cuyo cilindro es de 1 cm de diámetro; el instrumento se introduce al prepucio y con él se raspa el glande quedando los exudados atrapados en el ranurado del espiral.

Moco vaginal. La colección del moco debe realizarse del fondo de la vagina o incluso del cérvix. Para reducir la contaminación, es conveniente lavar la vulva y la región previamente; la colecta puede realizarse con una pipeta de inseminación realizando presión negativa mediante succión bucal, jeringa o perilla (García *et al.* 1980). Puede también introducirse

una torunda de gasa atada con hilo al fondo de la vagina ayudándose con un vaginoscopio, la cual se extrae media hora después y se coloca en frasco estéril. Esta técnica es especialmente útil para las pruebas inmunes de aglutinación en campilobacteriosis.

La extracción de moco vaginal para estudios microbiológicos o inmunológicos (mucoaglutinación) debe realizarse en los períodos inter-estrais y nunca en el estro, pues el aumento de secreción en este momento diluye las aglutininas y la presencia de polimorfonucleares reduce la posibilidad de aislar los agentes.

Fetos. *Campylobacter fetus* produce focos necróticos en hígado en forma característica y la bacteria puede aislarse del contenido del estómago fetal. La mejor muestra es el estómago ligado y refrigerado, pero también puede extraerse el contenido con jeringa estéril y remitirse ya sea refrigerada o en medio de transporte para *C. fetus*. Es conveniente realizar frotis o improntas de placentomas o focos hepáticos que se fijan con calor o con alcohol de 95 grados, para fluorescencia, por 15 minutos y luego lavado con una solución tamponada (Bryner 1979; Miller 1980; Kirkbride 1985a).

Trichomona produce, además del aborto, una severa metritis que puede transformarse en piometra; los loquios y flujos vaginales pueden colectarse para ser examinados en el laboratorio, así como el contenido del estómago fetal (Stella *et al.* 1974).

Procesamiento y transporte de la muestra

El moco o exudado colectado se suspende en caldo nutritivo y se centrifuga 600 g/15 minutos, si la muestra es trabajada de

inmediato. Una parte se siembra para *Trichomona* y el sobrenadante se emplea para cultivo de *C. fetus*. El sedimento se resuspende en el sobrenadante, se filtra (Whatman No. 1), se centrifuga a 12000 g, 4 °C por media hora y con el sedimento se preparan frotis para colorear con Ziehl Nielsen, Gram y fluorescencia para *Campylobacter* (Bryner 1979; Martínez *et al.* 1986).

Si se sospecha campilobacteriosis y la muestra no es procesada inmediatamente, se realiza la siembra directa en el medio de Dufty o se suspende el moco o exudado en medios de transporte adecuados. El material colectado se introduce en el fondo del tubo con caldo nutritivo o con medio de Dufty o bien en el medio de transporte, para evitar en lo posible el contacto con el oxígeno atmosférico; por ello, se emplean de preferencia tubos con tapa de hule (Clark y Dufty 1978; Bryner 1979; Folley *et al.* 1979; Lander 1990).

Las placas sembradas deben incubarse a 37 °C en microanaerobiosis o bien en estufas con 5% de O₂, 85% de N y 10% CO₂. Las muestras para *Trichomona* pueden transportarse en refrigeración suspendidas en suero fisiológico adicionado de antibióticos (penicilina 1000 UI, estreptomina 1 mg/ml o cloranfenicol 0.5 mg/ml); a 4°C se ha señalado buena sobrevivencia por 60 horas. El transporte puede realizarse con mejores probabilidades de éxito si se usan medios de transporte como el de Kupferberg o el de Clark.

En el laboratorio, la muestra se incuba a 37 °C por 2-4 horas para revitalizar las tricomonas y observarlas directamente en gota pendiente o en frotis fijados coloreados con Giemsa o con naranja de acridina al 1% en fluorescencia directa (Simintzis y Thiovolet 1963; Stella *et al.* 1974; Martínez *et al.* 1986).

En los casos sospechosos de trichomoniasis es conveniente realizar una primera observación directa de la muestra y, en caso que resulte negativa, se intenta el cultivo en los medios con suero coagulado. Debe recordarse la posibilidad de infecciones mixtas de *C. fetus* y *T. fetus* en los toros, por lo que es conveniente correr la muestra en forma paralela para ambos microorganismos (Campero *et al.* 1987).

Pruebas serológicas

En el caso de campylobacteriosis es factible realizar pruebas serológicas que orienten el diagnóstico e incluso lo confirmen, con una buena historia clínica. La prueba más usada es la de aglutinación utilizando como antígeno la bacteria formalinizada. La prueba es más útil en moco vaginal pues las hembras expuestas tienden a perder su título serológico, pero si son portadoras de la bacteria en vagina el moco es seguramente positivo (MacLaren y Wright 1977; Bryner 1979; Agumbah y Ogga 1979; García *et al.* 1980).

También se emplean anticuerpos fluorescentes para mostrar la presencia de *C. fetus* en material vaginal y raspados prepuciales (MacLaren y Wright 1977; Bryner 1979). Dada la capacidad del campylobacter de modificar sus antígenos de superficie en respuesta a la presión de los mecanismos de inmunidad, es conveniente intentar el aislamiento y la clasificación para evaluar permanentemente el tipo de cepa actuante y así evitar errores diagnósticos y fallas vacunales importantes (Clark *et al.* 1977).

INTERRUPCION DE LA GESTACION

La interrupción de la gestación, particularmente cuando se traduce en aborto, es una de las situaciones del área de la salud animal que repercute en forma más negativa sobre la producción animal. Las dificultades para precisar el origen del problema complican el cuadro; de hecho, los laboratorios mejor equipados de los países desarrollados sólo logran confirmar el diagnóstico de aborto en el 30-40% de las muestras que reciben y de estas entre el 80% y el 90% corresponden a causas infecciosas (Miller 1977).

La interrupción de la gestación ocurre en diferentes etapas del proceso y tiene distintas consecuencias y posibilidades de llegar al diagnóstico. La principal diferencia ocurre entre el período embrionario y el fetal; se acepta como límite entre estas dos etapas el momento en que el producto completa la diferenciación de sus órganos y tejidos, lo cual coincide con el inicio de los procesos de nidación y placentación. En los bovinos ocurre a los 45 días mientras que en ovinos y caprinos se produce a los 30-34 días y a los 21-25 días en los cerdos. Para fines prácticos, se considera feto cuando en el producto se reconocen los dedos y/o se observan estructuras placentarias (Miller 1977; Chapman 1980).

Muerte embrionaria

Se estima que la principal causa de mortalidad en este período es de origen genético y actuaría como un mecanismo de seguridad para la especie al eliminar productos no viables (Miller 1977). Diversos factores nutricionales han sido señalados como causa de muerte embrionaria, particularmente la carencia de selenio (Tórtora 1989a). Errores en el manejo reproductivo, tales como mal manejo

de semen o del proceso de inseminación en ovejas y el empadre temprano o tardío dentro de la estación de cría, son factores que incrementan la mortalidad embrionaria (Chapman 1980). Se ha discutido en bovinos el efecto de la palpación sobre las pérdidas embrionarias; el análisis comparativo entre vacas palpadas por estudiantes sin experiencia y las palpadas por especialistas indica sin embargo, que el diagnóstico temprano de gestación por palpación no es un factor relevante de pérdidas embrionarias (Paisley *et al.* 1978).

Las fallas endocrinas en los mecanismos de reconocimiento materno-fetal también pueden inducir muertes embrionarias (Martal y Charlier 1985). La muerte del embrión es seguida de su reabsorción impidiendo analizar el producto para investigar la causa de la muerte. Incluso, si esta ocurre los primeros días siguientes a la fecundación ni siquiera será posible detectarla pues la hembra ciclará en forma regular (Miller 1977, 1980; Chapman 1980). La repetición de calores con ciclos irregulares es un buen indicador de muerte embrionaria; su demostración depende de la existencia de programas de control reproductivo con machos celadores o rigurosos controles de detección de calores (Tórtora 1986, 1989a).

Si la etiología es infecciosa, su presencia puede sospecharse por pruebas serológicas en las hembras repetidoras, como en toxoplasmosis (Huffman *et al.* 1981), y/o demostrada por el aislamiento del agente a partir del tracto genital de la hembra o del macho, como ocurre en la campilobacteriosis.

Muerte fetal

La muerte del feto puede determinar diversas situaciones:

Momificación. Cuando la muerte fetal ocurre antes de que se haya completado la queratinización de la piel (en bovinos al sexto mes y ovinos y caprinos a los 3 meses) es factible la deshidratación del producto y la formación de una momia si el feto no es expulsado (Miller 1977).

Maceración. Cuando el feto es retenido pero se produce la apertura del cérvix, ocurre la invasión del útero por bacterias presentes en la vagina (contaminantes fecales). Estas bacterias proteolíticas y fermentadoras maceran al feto y eventualmente lo enfisematizan; estos fetos carecen de valor para el diagnóstico (Miller 1977).

Autólisis fetal. Frecuentemente, el feto muerto es retenido por uno a tres días antes de ser expulsado en el aborto. Los fetos autolisados son de aspecto gelatinoso, sus cavidades llenas de líquido sanguinolento y todos los órganos enrojecidos y tienen escaso valor diagnóstico (Miller 1977; Kirkbride 1985a).

Las causas más frecuentes de muerte fetal son infecciosas, nutricionales y tóxicas (Cuadro 3), no obstante, los mejores resultados diagnósticos se obtienen en la etiología infecciosa. Dentro de las causas nutricionales se destacan la toxemia de gestación de la oveja y el aborto bociógeno por carencia o intoxicación con yodo. Dentro de las causas tóxicas se mencionan las micotoxicosis (estrogénicas o aflatoxinas), los nitratos, los tóxicos vegetales y tratamientos parasitarios (Miller 1980; Chapman 1980; Kirkbride 1985b; Tórtora 1986).

Cuadro 3. Resumen de las principales etiologías que inducen interrupción de la gestación

Alteraciones genéticas	
Químicos	Tóxicos, carenciales, iatrogénicos
Físicos	Temperatura, radiación, traumatismos
Biológicos	virus, bacterias, hongos, clamidias
Indirectos	Fiebre, cambios circulatorios, cambios neuro-endocrinos, toxemia, hipoglicemia, respuestas inmunes, acidosis

Aborto

El aborto está condicionado a los mismos mecanismos que determinan el parto y que se inician por cambios endocrinos regulados por el feto (secreción aumentada del ACTH y corticoides) cuando los nutrientes aportados por la placenta son insuficientes para mantener su metabolismo. Se supone que el daño en la placenta (placentitis), que impide o reduce el intercambio materno-fetal, o bien, el daño directo en la capacidad metabólica del feto (toxinas), determinan la reducción de su capacidad metabólica y producen el aborto. La edad del feto y su capacidad para desencadenar los cambios endocrinos y la rapidez con que el agente etiológico actúa sobre el feto, son factores que determinan si este es retenido o abortado (Miller 1977).

La falta de un adecuado intercambio materno-fetal determina la presentación de "sufrimiento fetal" y el desencadenamiento de los cambios inductores del parto. Al mismo tiempo, se produce un incremento en la motilidad intestinal con salida de meconio al espacio amniótico. El meconio posee grandes cantidades de bilirubina y colorea de amarillo dorado intenso el líquido amniótico

y la piel del feto; este hecho es importante para no confundir esta pigmentación con ictericia del feto. Otro componente de sufrimiento fetal es el movimiento respiratorio, ocasionado por la hipoxia, y que determina la inspiración de líquido amniótico y meconio hacia el pulmón fetal; si en el líquido amniótico se encontrara el agente etiológico (*Brucella sp.* y *C. foetus*) este podría inducir cambios en pulmón y ser aislado en este órgano (Miller 1977; Tórtora 1986).

Parte de las dificultades mencionadas para confirmar un diagnóstico se debe a un inadecuado manejo del problema en el campo, con procedimientos erróneos, inadecuada colección de las muestras y envío defectuoso al laboratorio (Fielden 1980; Kirkbride 1985a). La precisión en el diagnóstico es la base para establecer medidas de control y profilaxis adecuadas. Así, en los inicios de los 50s en los Estados Unidos se consideraba que una vez controlada la brucelosis (que se diagnosticaba con elevada prevalencia mediante serología), los abortos en bovinos desaparecerían. Ya en los 60s se había controlado la brucelosis, pero continuaban las pérdidas por abortos y el IBR aparecía ahora y hasta nuestros días como la principal causa de abortos en los bovinos (Kirkbride 1985a). Algo similar ocurrió en el Uruguay; a mediados de los 60s se había controlado la brucelosis y se enfrentaba la vibriosis y la tricomoniasis, enfermedades que ya habían sido diagnosticadas en los 40s pero que habían recibido poca atención por estar encubiertas por la elevada prevalencia de brucelosis (Stella *et al.* 1974).

El suero de animales afectados y los tejidos fetales son las más importantes herramientas diagnósticas disponibles.

Pruebas serológicas. En la mayor parte de los casos, el intento de detectar al agente etiológico se limita a la extracción de sangre para estudios serológicos, particularmente brucelosis, sin

considerar que la serología positiva sólo indica que el animal estuvo en contacto con el agente causal. *Las pruebas serológicas son indicadores de infección, no de enfermedad y no sirven por sí solas para confirmar el diagnóstico.* El uso de muestras pareadas de suero, con intervalo de 15 días y la presencia de títulos elevados tienen mayor valor diagnóstico, particularmente si en algunos animales se observa seroconversión, es decir, pasan de negativos a seropositivos o incrementan significativamente su título hasta más de tres diluciones (Miller 1980). Es posible que en el suero de las vacas que abortan se detecten anticuerpos contra diversos agentes productores de aborto (IBR, DVB, leptospira y brucelosis) y no significa que el diagnóstico correcto sea "aborto multietiológico".

En el momento del aborto, los títulos de anticuerpos en el suero caen notablemente y se hacen imperceptibles, aún para técnicas muy sensibles, identificándose falsos negativos en las muestras obtenidas en las primeras dos semanas después del aborto (Miller 1980; Huffman *et al.* 1981.).

Las pruebas serológicas deben realizarse según los antecedentes clínicos del rebaño o los antecedentes epidemiológicos de la región, ya sea en todos los animales o en una muestra representativa, estratificada, que incluya animales de diferentes categorías (edad, etapa productiva, sexo). Un factor determinante del número de muestras serológicas a evaluar puede ser su costo. Las técnicas más sensibles son las menos específicas y viceversa, por lo que no siempre es válido seleccionar técnicas muy sensibles que incrementen el número de reactores falsos positivos.

Algunos criterios para interpretar pruebas serológicas en las enfermedades más comunes del aparato genital se presentan a continuación:

a. *Leptospirosis*. Se recomienda practicar la prueba de microaglutinación, en muestreos dobles. Se considera positiva una prueba de más de 1:100 en animales no vacunados y de 1:400 en animales vacunados, dentro de las 12 semanas (Jiménez 1986).

b. *Brucelosis*. La prueba de aglutinación sigue siendo la más utilizada dado su bajo costo. Aunque los títulos de interpretación pueden variar según la legislación de campañas de erradicación, se acepta que bovinos no vacunados son sospechosos con títulos de 1:50 y reactores positivos con 1:100; bovinos vacunados con 1:100 son sospechosos y con 1:200 reactores positivos. Los cerdos se consideran reactores positivos con títulos de 1:25 o más y en zonas libres se aceptan como negativos hasta 1:50. En las pruebas con antígeno amortiguado o de tarjeta, cualquier resultado con aglutinación, se considera reactor positivo.

En cabras y ovinos se recomienda la prueba de fijación de complemento; títulos de 1:10 se consideran sospechosos y 1:20 positivos. En estas especies, la prueba de aglutinación puede utilizarse para detectar rebaños problema pero no se recomiendan para animales en lo individual; además, animales vacunados pueden ser reactores por años en las pruebas de aglutinación (Ciprián *et al.* 1986).

c. *IBR*. Se utilizan pruebas de seroneutralización, hemoaglutinación indirecta y ELISA y en forma más elaborada la demostración de citotoxicidad mediada por anticuerpos. El uso de mercaptoetanol puede resolver el problema de las infecciones recientes o vacunales. En la prueba de neutralización se consideran positivos los títulos de 1:32, pero deben valorarse en función de los demás elementos clínico-epidemiológicos del rebaño y la demostración de seroconversión en muestras pareadas (Miller 1980; Aguilar 1986).

d. *Toxoplasmosis*. Las pruebas más usadas son la de hemoaglutinación pasiva y la de inmunofluorescencia indirecta; el título se relaciona con el tiempo de infección, siendo más alto en los casos agudos. Se consideran positivos los valores mayores a 1:64 (Huffman *et al.* 1981; Cuellar 1986).

e. *Parvovirus porcino*. Se utiliza la prueba de inhibición de la hemoaglutinación en exudados fetales o en el suero de las cerdas sospechosas. Considerando que la hemoaglutinación puede inhibirse inespecíficamente, la positiva se consideran por encima de 1:128 (Rockborn 1985).

f. *DVB*. Igual que en IBR, la demostración de seroconversión en estudios con muestras pareadas es el elemento relevante indicador de la presencia del virus en el rebaño, sin importar el título. Los demás elementos clínico-epidemiológicos apoyan el diagnóstico (Miller 1980).

En el Cuadro 4 se presenta un resumen de las pruebas serológicas más comunes para el diagnóstico de abortos.

Cuadro 4. Principales pruebas serológicas utilizadas para el diagnóstico de enfermedades que cursan con aborto

Condición	Prueba	Positividad (título superior a:)
Leptospirosis	Microaglutinación	1:100
Bruceosis	Aglutinación	1:100
	Fijación de complemento	1:20 (caprinos y ovinos)
IBR	Seroneutralización	1:32
Toxoplasmosis	Hemaglutinación pasiva	1:64
DVB	Seroconversión	Cualquiera
Parvovirus porcino	Inhibición hemaglutinación	1:128

- g. **Pruebas serológicas en el feto.** Los fetos tienen capacidad de responder inmunológicamente desde corta edad a ciertos antígenos y la formación de anticuerpos es un indicador confiable de la presencia de microorganismos en el feto. La demostración de anticuerpos en los trasudados fetales presentes en el abdomen o tórax o en el suero de recién nacidos no calostrados, es un valioso indicador de infección uterina, aunque los títulos sean bajos, dado que en rumiantes y cerdos no hay pasaje placentario de anticuerpos maternos (Tórtora 1986).

Tejidos fetales. La muestra ideal para enviar al laboratorio es un feto completo en refrigeración, de preferencia con placenta. Si bien en ovinos, caprinos o porcinos no presenta dificultades por el tamaño de la muestra, en bovinos puede complicarse.

Si no es posible enviar el feto completo, se realiza la necropsia y se envían muestras congeladas o en refrigeración y en formalina al 10%, pero debe tenerse en cuenta que en caso de autólisis fetal, las muestras no tienen valor diagnóstico. Las muestras en formalina al 10% para estudios histopatológicos son de gran utilidad en toxoplasmosis, clamidiosis, IBR, micosis y apoyan el diagnóstico de brucelosis, campylobacteriosis y listeriosis. Cuando se sospechan etiologías micótica o bacterianas el estómago del feto ligado en refrigeración, es la muestra ideal para intentar los aislamientos (Fielden 1980; Kirkbride 1985a; Tórtora 1986).

La necropsia permite ocasionalmente llegar al diagnóstico de manera directa. Por ejemplo, la presencia de folículos en el ovario fetal es sugestiva de micotoxinas (F2) en la dieta de las hembras gestantes (Kirkbride 1985a). La presencia de focos necróticos en el hígado puede sugerir listeriosis o campylobacteriosis, mientras que

áreas neumónicas pueden indicar brucelosis o campylobacterosis (Kirkbride 1985b; Tórtora 1986, 1989a).

En el Cuadro 5 se presenta una lista de tejidos cuyo examen ayudan en el diagnóstico de abortos.

Cuadro 5. Resumen de los tejidos de mayor interés para el diagnóstico en casos de abortos¹

Refrigeración	Formalina 10%
Feto entero	Placenta-cotiledones
Placenta-cotiledones	Hígado y pulmón fetal
Hígado y pulmón fetal	Encéfalo
Contenido de abomaso	Riñón
Suero fetal	Glándula adrenal (IBR)
Suero de la madre	Frotis de órganos lesionados
Descargas vaginales	

¹ Es necesario recordar que al enviar una muestra al laboratorio debe adicionarse la historia clínica con la mayor información posible, lo mismo que la identificación de la finca, del propietario, del técnico y la fecha.

MORTALIDAD DE LAS CRIAS

La mortalidad de las crías antes del destete es un factor condicionante del comportamiento productivo y económico de los rebaños. La investigación de este fenómeno requiere de información confiable sobre las tasas de mortalidad (a través de encuestas, registros o evaluación de la composición del rebaño) de

manera que permita cuantificar y jerarquizar la magnitud del problema. La encuesta, por sí sola, puede ser un instrumento peligroso particularmente con productores de sectores marginales y de baja escolaridad. La experiencia en México con productores de ovejas y cabras ha demostrado contradicciones entre la información de encuesta y la estructura de los rebaños, en parte atribuibles a que los encuestados no incorporaban en las cuentas de mortalidad aquellos corderos o cabritos que morían en los primeros 15 - 20 días de vida; estos eran animales que "no se lograban" o representaban la "cuota" esperada por ellos en su sistema productivo (Tórtora 1989b).

Si la primera fase de caracterización indica que las pérdidas del nacimiento al destete son considerables, deben realizarse estudios sistemáticos que identifiquen las principales causas de muerte. Se recomienda realizar visitas periódicas a las fincas, de ser posible dos o tres semanales, solicitando a los productores conserven los animales muertos hasta la visita, quitándoles la piel y manteniéndolos en un lugar fresco para reducir cambios posmortem. La simple necropsia de estos animales permitirá agrupar las causas de muerte en dos grandes rubros: causas infecciosas (ej. gastroenteritis, neumonías, onfalitis) y no infecciosas (inhanición, exposición, aplastamiento).

Las horas de pastoreo, el número de ordeños, el tipo de corrales, los cuidados al parto, el hacinamiento, las instalaciones, son entre otros, factores que modifican el índice de mortalidad y que varían de productor a productor. Con esta información se pueden tomar algunas medidas correctivas.

La distribución diferencial cuantitativa, entre productores o entre antes y después de tomar medidas correctivas permitirá

trasladar alternativas tecnológicas de unos productores a otros o mantener un ajuste permanente a las medidas preventivas implementadas.

MASTITIS

La investigación clásica de la mastitis se ha enfocado a la caracterización de las bacterias involucradas y su sensibilidad a diversos antimicrobianos (Trinidad y Rodríguez 1990; Vitulich *et al.* 1990), sin embargo, este tipo de trabajos poco ha contribuido al conocimiento del problema y a su control. La profilaxis y el control de la enfermedad, así como la investigación real del problema, han quedado en manos de la industria farmacéutica, limitándose los trabajos de campo a evaluar el uso de las tecnologías desarrolladas en las diferentes situaciones regionales.

Dentro de la metodología de investigación en sistemas se podrían obtener resultados interesantes, aunque no necesariamente novedosos, evaluando la presentación de la enfermedad en función de las diferentes rutinas de manejo de la ordeña, del sistema de cría o de parámetros socioeconómicos de los productores. Este tipo de evaluación mejorará el conocimiento general de la finca y la claridad con que se maneja el problema de mastitis. Aún el uso que se hace de los tratamientos antimicrobianos, contrastado los resultados en términos de beneficios por producción y costos, aportaría elementos mas valiosos que la clásica evaluación sobre la resolución de la enfermedad.

INVESTIGACION DE LOS PROBLEMAS SANITARIOS DEL TRACTO GENITAL

En cualquier tipo de práctica profesional, un procedimiento diagnóstico debe cubrir los siguientes elementos:

- Historia clínica, que reúne todos los antecedentes reproductivos del rebaño y las anomalías observadas.
- Los hallazgos en la observación y examen de los animales, machos y hembras.
- Resultados de estudios patológicos, serológicos, microbiológicos y funcionales (endocrinológicos) y/o de análisis clínico.
- Un diagnóstico integrado que abarque los componentes epizootológicos si es el caso.

En términos específicos, la investigación de problemas sanitarios reproductivos debe aportar nuevos conocimientos sobre la enfermedad y sobre las variables que modifican el comportamiento. Los estudios sobre la enfermedad misma pueden referirse a características biológicas del agente, la respuesta inmune y la patogenia o a nuevos desarrollos en tratamientos farmacológicos o biológicos.

Los estudios en torno a las variables que afectan el comportamiento de una enfermedad pueden orientarse dentro de las metodologías de los modelos epizootológicos ya existentes. Es indiscutible que en este aspecto los grupos multidisciplinarios que

trabajan con metodología de sistemas, pueden caracterizar variables que muchas veces escapan a los epizootólogos y que se derivan de una buena caracterización de los sistemas de cría en una región. La observación de que la enfermedad se presenta con diferentes características e intensidad (prevalencia/incidencia) en rebaños con diferentes modalidades de producción en una misma región, constituye un primer paso en la búsqueda de las variables que modifican su presentación (hacinamiento, tipo de instalación, características de los potreros, prácticas productivas, etc.).

LITERATURA CITADA

- AGUILAR S., A. 1986. Citotoxicidad celular mediada por anticuerpos (ADCC) en la rinotraqueitis infecciosa bovina. In Manual de inmunología. G.A. Morilla y G. Bautista (Eds). C.R. Diana Técnico. 363 p.
- AGUMBAH, G.J.O.; OGGA, J.S. 1979. Genital tropism and coital transmission of *Campylobacter fetus* subspecies *intestinalis*. British Veterinary Journal 135:83.
- AGUMBAH, G.J.O.; MACLAREN, A.P.C.; BOYD, H. 1989. The specificity and immunoelectrophoresis (CIE) method for immuno-diagnosis of *C. fetus* infection in cattle. Acta Vet. Beograd 39:197.
- BATH, D.L.; DICKINSON, F.N.; TUCKER, H.A.; APPLEMAN, R.D. 1985. Problemas de manejo asociados a la reproducción. In Ganado lechero, 2. ed. Ed. Interamericana. p. 293.

- BRYNER, J.H. 1979. Campilobacteriosis en bovinos (Vibriosis genital bovina). Curso sobre vibriosis bovina y ovina. INIP-SARH y ENEP, Cuautitlán. UNAM, México D. F. p. 1.
- CAMPERO, C.M.; BALLABENE, N.C.; CIPOLLA, A.C.; ZAMORA, A.S. 1987. Dual infection of bulls with campylocateriosis and trichomoniasis: Treatment with dimetridazole chlorydrate. Australian Veterinary Journal 64:320.
- CHAPMAN, H.M. 1980. Prenatal loss. In Current therapy in theriogenology. D.A. Morrow (Ed.). Saunders Company. p. 896.
- CIPRIAN, A.; MANCERA, A.; FLORES, R.; RAMIREZ, C. 1986. Serodiagnóstico en brucelosis. In Manual de inmunología. G.A. Morilla y G. Bautista (Eds). C.R. Diana Técnico. p. 193.
- CLARK, B.L.; DUFTY, J.H.; MONSBOURGH, M.J.; PARSONSON, I.M. 1977. A dual vaccine for the inmunization of cattle against vibriosis. Australian Veterinary Journal 53:465.
- CLARK, B.L.; DUFTY, J.H. 1978. Isolation of *Campylobacter fetus* from bulls. Australian Veterinary Journal 54:262.
- CUELLAR, A. 1986. Toxoplasmosis. In Principales enfermedades de los ovinos y caprinos. P. Pijoan y J. Tórtora (Eds). p. 183.
- FIELDEN, E.D. 1980. Infectious ovine abortion. In Current therapy intheriogenology. D.A. Morrow (Ed.). Saunders Company. p. 908.

- FOLLEY, J.W.; BRYNER, J.H.; HUGHES, D.E.; BARSTAD, R.E. 1979. Improved method for diagnosis of *Campylobacter fetus* infection in cattle using selective enrichment transport medium. Curso sobre vibriosis bovina y ovina. INIP-SARH y ENEP Cuautitlán. UNAM. México, D. F. p. 54.
- GARCIA, M.M.; EAGLESOME, M.D.; HAWKINS, C.F.; ALEXANDERS, F.C.M. 1980. Campylobacteriosis in Jamaican cattle. *Veterinary Record* 106:287.
- HOLY, L. 1987a. Examen de la fertilidad del toro semental (examen clínico). In *Biología de la reproducción bovina*. Editorial Científica-Técnica (Cuba). p. 283.
- HOLY, L. 1987b. Examen de laboratorio de la fertilidad del toro semental. In *Biología de la reproducción bovina*. Editorial Científica-Técnica. (Cuba). p. 301.
- HUFFMAN, E.; KIRK, J.; WINWARD, L.; GORHAM, J. 1981. Relationship of neonatal mortality in lambs to serologic status of the ewe for *Toxoplasma gondii*. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 178:679.
- JIMENEZ, E.A. 1986. Prueba de microaglutinación para el diagnóstico de la leptospirosis. In *Manual de inmunología*. G.A. Morilla y G. Bautista (Eds.). C. R. Diana Técnico. p. 89.
- JUBB, K.V.F.; KENNEDY, P.C.; PALMER, N. 1985. The female genital system. In *Pathology of domestic animals*, Vol. 3. Academic Press. p. 305.

- KIRKBRIDE, C.A. 1985a. Managing an outbreak of livestock abortion. 1. Help from the laboratory. *Veterinary Medicine* 1985:113.
- KIRKBRIDE, C.A. 1985b. Managing an outbreak of livestock abortion. 4. Diagnosis and control of ovine abortion. *Veterinary Medicine* 1985: 91.
- LADDS, P.W. 1985. The male genital system. In *Pathology of domestic animals*, Vol. 3. K.V.F. Jubb, P.C. Kennedy y N. Palmer (Eds.). Academic Press. p. 409.
- LANDER, K.P. 1990. The development of a transport and enrichment medium for *Campylobacter fetus*. *British Veterinary Journal* 146:327.
- MAC LAREN, A.P.C.; WRIGHT, C.P. 1977. *Campylobacter fetus* (*Vibrio fetus*) infection in dairy herds in South-West Scotland. *Veterinary Record* 101:463.
- MARTAL, J.; CHARLIER, M. 1985. Avortements precoces et signaux embryonnaires de reconnaissance de la gestation. *Rec. Méd. Vet* 161:87.
- MARTINEZ, A.H.; BARDON, J.C.; NOSEDA R.P.; CORDEVIOLA, J. M.; SARMIENTO, F.; GAU, J.A. 1986. Diagnóstico de rodeo de Thichomoniasis y campylobacteriosis en bovinos utilizando a la hembra vacía como indicador. *Veterinaria Argentina* 3:962.

- MILLER, R.B. 1977. A summary of some of the pathogenetic mechanisms involved in bovine abortion. *Canadian Veterinary Journal* 18:87.
- MILLER, R.B. 1980. Abortion. In *Current therapy in theriogenology*. D. A. Morrow (Ed.). Saunders Company. p. 213.
- PAISLEY, L.G.; MICKELSEN, W.D.; FROST, O.L. 1978. A survey of the incidence of prenatal mortality in cattle following pregnancy diagnosis by rectal palpation. *Theriogenology* 9:481.
- PIJOAN, A.C.; FLORES, C.R. 1979. Inmunidad en el tracto genital. Curso sobre vibriosis bovina. INIP-SARH y ENEP Cuautitlán, UNAM. México, D. F. p. 33.
- PIJOAN, P. 1986a. Fertilidad y subfertilidad en la hembra ovina y caprina. In *Principales enfermedades de los ovinos y caprinos*. P. Pijoan y J. Tórtora (Eds.). p. 129.
- PIJOAN, P. 1986b. Mortalidad perinatal neonatal en corderos. In *Principales enfermedades de los ovinos y caprinos*. P. Pijoan y J. Tórtora (Eds.). p. 205.
- RAMOS, A.A.; GUIDA, H.G.; ANDRADE, V.L.B. 1986. Comparação de tres técnicas de colecta de amostras de material prepucial para diagnóstico da campilobacteriose. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 21:303.
- RIVERA, S.B. 1990. Medición de la eficiencia reproductiva de los bovinos doble propósito. In *Informe IX Reunión General*

- RISPAL. San José, C.R. IICA - RISPAL. A. Ruiz y M.E. Ruiz (Eds.). Zacatecas, México. p. 321.
- ROCKBORN, G.B. 1985. Parvovirus en cerdos: un problema reproductivo. In Avances en enfermedades del cerdo. G.A. Morilla, G. Correa G. y P. Stephano (Eds.). Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos, A.C. p. 507.
- SCHNACKEL, J.A.; WALLACE, B.L.; KUASNICKA, W.G.; HANKS, D.R.; HALL, M.R. 1990. *Trichomona foetus* vaccine immunogenecity trial. Agricultural Practice 10:11.
- SIMINTZIS, G.; THIOVOLET, J. 1963. Coloration de *Trichomona foetus* par l'orange d'acridine. Bull. Soc. Sci. Vet. Med. Comp., Lyon 65:207.
- STELLA, J.L.; CASAS OLASCOAGA, R.; PODESTA, M. 1974. Enfermedades venéreas de los bovinos en el Uruguay. Ed. Bolsa del Libro. Facultad de Veterinaria (Uruguay). p. 61.
- TEDESCO, L.F.; ERRICO, F.; DEL BAGLIVI, L.P. 1979. Diagnosis of *Trichomonas foetus* infection in bulls usign two sampling methods and a trasport medium. Australian Veterinary Journal 55:322.
- TORTORA, J. 1986. Pérdidas prenatales. In Principales enfermedades de los ovinos y caprinos. P. Pijoan y J. Tórtora (Eds.). p. 161.

- TORTORA, J. 1989a. Interrupción de la gestación en cabras. V Reunión Nacional de Caprinocultura. Zacatecas, México. p. 46.
- TORTORA, J. 1989b. La mortalidad de corderos: una importante limitante de la producción ovina. *Ganadero (México)* 14:101.
- TRINIDAD, P., RODRIGUEZ, B. 1990. Mastitis y *Streptococcus spp.* en lecherías en el oeste de Puerto Rico. *Anais da 12a. Reunião da ALPA. Campinas SP, Brasil.* p. 266.
- VILLAREAL F., E.; HERAS B., F. 1990. Transferencia de tecnología. Proyecto productor-experimentador. In Informe IX Reunión General RISPAL. San José, C.R. IICA-RISPAL. A. Ruiz y M.E. Ruiz (Eds.). p. 235.
- VITULICH, C.A.; TABERNA, M. A.; CASTELLI, M.E.; QUAINO, O.R. 1990. Relación entre el estado infeccioso de cuartos mamarias y la composición físico-química de la leche. *Anais da 12a. Reunião da ALPA. Campinas, São Paulo, Brasil.* p. 262.

ANEXO I

Fijador de Bouin

Acido picrico saturado en agua	15
partes	
Formalina al 10%	5
partes	
Acido acético glacial	1 parte
(al momento de usar)	

Antes de procesar a parafina decolorar con alcohol etílico al 70%, en varios pases.

ANEXO II**Medios de transporte para exudados prepuciales y vaginales**

a) Medio de Clark y Dufty (1978). Suero bovino adicionado de:

5 fluorouracilo	300 µg/ml
Polimixina B sulfato	100 UI/ml
Verde brillante	50 µg/ml
Acido nalidixico	3 µg/ml
Cycloheximida	100 µg/ml

b) Medio de Foley *et al.* (1979). Al medio de carne picada prereducido y esterilizado anaeróbicamente se le agrega:

5 fluorouracilo	300 µg/ml
Verde brillante	50 µg/ml
Cycloheximida	100 µg/ml
Polimixina B Sulfato	100 UI/ml

Ambos medios deben prepararse de preferencia pocos días antes de su uso, colocándolos y esterilizándolos en tubos de anaerobiosis con tapón de hule. La polimixina B se adiciona con jeringa a través del tapón al momento de usar el medio, evitando agregar aire al tubo. Los tubos que al momento de usarse presentan coloración uniforme rosa o roja deben descartarse, pues es una indicación de oxidación.

Las colectas de exudado prepucial pueden introducirse con la pipeta directamente al fondo del tubo o mejor con aguja larga a través del tapón de hule. Si se utiliza un raspador o manguera, el

material colectado se lava en solución salina y luego se introduce esta suspensión al tubo con medio de transporte.

c) Medio de Lander (1990). Al medio de Mueller-Hinton (Oxoid Limited) esterilizado se le adiciona asépticamente:

Sangre equina lisada	7% w/v
Carbón bacteriológico	0.5% w/v
Vancomicina	40 mg/ml
Trimethoprim	20 mg/ml
Polimixina B	10 UI/ml
Cycloheximida	100 mg/ml
5 fluorouracilo	500 µg/ml
Piruvato de sodio	0.25 mg/ml
Metabisulfato de sodio	0.25 mg/ml
Sulfato ferroso (7·H ₂ O)	0.25 mg/ml

CAPITULO III

EFICIENCIA REPRODUCTIVA DE LOS BOVINOS PARA CARNE Y DOBLE PROPOSITO: METODOS DE EVALUACION

Bernardo Rivera S.

*Universidad de Caldas
Manizales, Colombia*

CAPITULO III

EFICIENCIA REPRODUCTIVA DE LOS BOVINOS PARA CARNE Y DOBLE PROPOSITO: METODOS DE EVALUACION

Bernardo Rivera S.¹

INTRODUCCION

Los sistemas de producción de carne y de doble propósito involucran vacas de cría como componentes fundamentales de su estructura. La interacción con los demás componentes determinará el comportamiento productivo de estas y por lo tanto, en gran medida, la eficiencia económica de la explotación. Los estudios en reproducción contribuyen a la investigación de sistemas, tanto en las fases de caracterización y diagnóstico (potencial productivo, capacidad de reemplazo, potencial de selección, vida útil) como en el monitoreo y evaluación del impacto de las mejoras tecnológicas (relaciones entre producción y capacidad reproductiva y limitaciones para la expansión de un sistema mejorado que demande un mayor número de animales).

¹ M.V., Dr.sc.agr., Departamento de Sistemas de Producción, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Apartado Aéreo 275, Manizales, Colombia.

Se pretende en este documento familiarizar a los investigadores en sistemas de producción con los conceptos, la utilidad y las dificultades y riesgos que pueden encontrarse en la evaluación reproductiva de los bovinos de carne y de doble propósito, propiciando la unificación de la terminología utilizada y de la metodología de estimación de parámetros, de manera que el proceso de intercambio de información sea más eficiente.

INFORMACION PARA EL ANALISIS REPRODUCTIVO

La estimación de parámetros para clasificar y presentar datos, estimar comportamientos poblacionales o estudiar variaciones entre individuos, requiere de una serie de observaciones de otros fenómenos más simples (individuales o particulares) que deben relacionarse entre ellos o con otros similares.

Un estudio reproductivo puede ir desde su expresión más sencilla, describiendo la eficiencia de transformación de insumos a productos (cuántas vacas se transforman en cuantos terneros), abarcar una descripción de los factores que afectan ese proceso (midiendo pérdidas post-concepción o mortalidad de terneros) o avanzar en profundidad detallando cada uno de esos fenómenos e hipotetizando sobre relaciones causa-efecto.

Qué medir, cómo medirlo y cómo expresarlo, depende claramente de los propósitos del estudio y del costo que se esté dispuesto a pagar por la información. Si el propósito del estudio es hacer un inventario o comparar sistemas, una descripción superficial puede ser suficiente, pero si se pretende medir la variación entre individuos de un sistema y las causas de esa

variación, mejorar los sistemas existentes o diseñar otros nuevos, será necesario profundizar cada vez más en el análisis. Los costos de la información crecen a medida que se incrementa la exactitud, pero un exceso de información no es sinónimo de calidad. Existe un rango amplio del costo de la información con relación a su calidad, con un costo mínimo donde la información es tan mala que no se justifica siquiera tomarla y un costo máximo por encima del cual el incremento en calidad es insignificante.

La evaluación reproductiva, como cualquier estudio de sistemas, también puede clasificarse como estática o dinámica. Una evaluación es estática o puntual cuando el sujeto se aprecia una sola vez (por ejemplo, en una única visita tomar datos sobre él). En cambio, se dice que es dinámica cuando para alcanzar su cometido se requieren observaciones reiteradas del mismo sujeto a lo largo del tiempo (Habich y Rivera 1990).

En términos generales, la información mínima requerida depende del tipo de evaluación. En una evaluación puntual se requiere conocer: inventarios por categoría, edad y peso o condición corporal de los animales, fechas de parto (o edad de los terneros) y diagnóstico de gestación de vacas y novillas. En una evaluación dinámica se requiere, además de la información anterior, las fechas de parto y aborto, muerte de terneros lactantes y estimaciones de producción de leche en sistemas de doble propósito.

Más importante que determinar correctamente la habilidad reproductiva de las vacas es que el investigador tenga capacidad para explicar dicho comportamiento a partir de las interacciones entre los componentes: salud, potencial genético, nutrición y habilidad de gestión. Por esta razón, en los estudios de caracterización se deben incluir variables que expresen los cuatro

componentes mencionados. Además de las características genéticas y de salud, se recomienda determinar el peso, condición y tamaño corporal de las vacas en diferentes estados fisiológicos, como expresión de las condiciones nutricionales, y la relación vacas:toro como ejemplo de las decisiones de gestión.

PARAMETROS DE COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LOS BOVINOS PARA CARNE

Edad y peso a la primera concepción

La edad a la primera concepción puede estimarse a partir de una única palpación de las novillas, restando la edad del feto de la edad de la novilla al momento del diagnóstico. Esta forma de estimación no incluye las novillas que aún están vacías; si la diferencia entre individuos es pequeña y la proporción de novillas que fallan para concebir por primera vez es mínima, no existen riesgos en esta estimación.

Para evaluar una población es posible establecer una regresión del porcentaje de preñez acumulado en función de la edad de las novillas. Por ejemplo, Kleinheisterkamp y Habich (1985) en un estudio de caracterización en los Llanos Colombianos establecieron que la edad promedio a la primera concepción es de 35 meses, a partir de la siguiente regresión:

$$Y = 4.19X - 98.49$$

donde,

X = Edad de la novilla (meses)

Y = % de preñez acumulado

Peso a la primera concepción

De la misma manera, a partir de una regresión del peso de la novilla en función de la edad de gestación, es posible determinar el peso a la primera concepción.

La edad promedio a la concepción reportada en Colombia para hatos de carne oscila entre 19 y 31 meses, relacionada en forma inversa con el peso alcanzado por la novilla (ICA 1989).

Vida útil (VU)

Es el periodo entre el primer parto de una vaca y su descarte del hato. Constituye una medida indirecta de comportamiento reproductivo y puede ser un indicador de la disponibilidad de animales de reemplazo y de la proporción de animales de descarte, entre ellos los que se eliminan por problemas reproductivos. Puede calcularse como el valor inverso de la tasa de reemplazo (TR):

$$VU = 1/TR$$

Ahora bien, si se dispone de la edad de las vacas, es posible estimar la TR como el pico de la distribución porcentual de los grupos por edad (año por año). Por ejemplo, en el Cuadro 1 se observa que el pico de la distribución porcentual por categorías de edad es 26.5%, representando esta la tasa de reemplazo. En

consecuencia, si la TR es 26.5%, la VU es de 3.8 años ($1/0.265=3.8$).

Cuadro 1. Distribución por edad de las vacas y estimación de la tasa de reemplazo en fincas de los Llanos de Colombia.

Categoría de edad, años	n	TR, %
<4	155	14.3
4 - 5	287	26.5
5 - 6	238	21.9
6 - 7	189	17.4
7 - 8	110	9.2
8 - 9	65	6.0
>9	51	4.7

Adaptado de Kleinheisterkamp y Habich (1985).

Distribución de nacimientos

La distribución de nacimientos constituye un indicador de la estacionalidad de comportamiento reproductivo. En una evaluación puntual, la edad de los terneros aporta información sobre la distribución de los nacimientos 6 meses antes de la evaluación y la edad de gestación de vacas y novillas (entre 3 y 9 meses) aporta información sobre la distribución de nacimientos en los 6 meses siguientes a la evaluación.

Índice de preñez

Se calcula dividiendo el número de vacas gestantes por el total de vacas en el hato. Si bien es el parámetro que el productor capta más fácilmente en el momento de una evaluación reproductiva, realmente es útil sólo en hatos de cría que utilizan monta estacional. Se recomienda determinarla uno a dos meses después de finalizada la monta, de manera que se detecten las gestaciones y se tenga un indicador temprano de la eficiencia de la monta para apoyar la toma de decisiones

Índice de lactación

Se calcula dividiendo el número de vacas lactando por el total de vacas en el hato. Como en el caso anterior, sólo es útil en hatos con monta estacional y se calcula al final de la temporada de partos.

Índice de reconcepción de vacas lactando

Representa la proporción de vacas que en un momento determinado se encuentran lactando y gestando a la vez. El parámetro no permite diferenciar las vacas que reconciben temprano en el posparto de las que reconciben cerca del destete; en la ilustración que se presenta a continuación, ambas vacas conciben durante la lactancia pero difieren en su potencial reproductivo, toda vez que existe una diferencia de 150 días en el intervalo entre partos:

(1) Parto—(50 días)—Reconcepción—Destete—Parto

(2) Parto—(200 días)—Reconcepción—Destete—Parto

El parámetro tiene mayor utilidad para medir eficiencia reproductiva en hatos sujetos a monta estacional y en ensayos cortos con vacas lactantes. En este último caso, el parámetro permite intuir en forma temprana la respuesta a un determinado tratamiento en razón a la susceptibilidad de las vacas lactantes al estrés nutricional (O'Rourke y Howitt 1986).

Tasa de natalidad (TN)

De acuerdo a la definición de Habich (1986), eficiencia (E) reproductiva es el producto (P) que se obtiene de un recurso dado (R) en un tiempo (T) determinado:

$$E = P R^{-1} T^{-1}$$

En la evaluación de hatos de cría, el producto que nos interesa es el ternero, medido directamente por conteo o indirectamente a través de un signo que sea señal de su existencia (palpación, perfil hormonal, ecografía, etc.). El recurso son los reproductores de que se dispone y la unidad de tiempo utilizada con mayor frecuencia es el año. La tasa de natalidad relaciona la cantidad de terneros nacidos en un año con la cantidad de vientres disponibles y es la medida clásica de eficiencia reproductiva en explotaciones de carne.

$$TN = \frac{\text{terneros nacidos}}{\text{vientres disponibles}} \times 100$$

La medición correcta presenta algunas dificultades prácticas. En primer lugar, el recurso tiende a ser muy variable en el tiempo por la compra y venta de vientres y la entrada permanente de novillas al hato de cría. Hay que tomar en cuenta que la decisión del productor de exponer las novillas o no al toro es generalmente caprichosa y que si se incluyen en el análisis sólo las novillas que han dado cría se estaría sobrestimando la natalidad. Para reducir el riesgo en la estimación se propone: (a) calcular la TN solamente sobre las vacas, sin incluir las novillas de primer parto, (b) establecer un criterio de edad fijo (la edad promedio al primer parto, por ejemplo), a partir del cual las novillas se incorporan al análisis como vientres disponibles, hayan tenido o no un parto.

En segundo lugar, la tasa de natalidad presenta comportamientos cíclicos a medida que los intervalos entre partos se alejan de los 365 días. Un estudio de sistemas de producción realizado en Panamá (IDIAP-CIID, cálculos del autor) mostró una tasa de natalidad promedio de 53%, pero con bruscas fluctuaciones entre años (Cuadro 2).

Según el Cuadro 2, los años con una alta eficiencia reproductiva representan sólo la fluctuación más intensa del ciclo y no el verdadero potencial de las vacas. Una tasa de natalidad que incorpora la información de sólo un año conduce fácilmente a conclusiones erróneas sobre las causas de ese comportamiento.

Cuadro 2. Evaluación de la tasa de natalidad en vacas doble propósito en Panamá.

Año	n	TN, %
1	22	63.6
2	23	39.1
3	23	69.6
4	25	40.0

Proyecto Sistemas de Producción de Doble Propósito en Panamá (IDIAP-CIID, cálculos del autor).

La tasa de natalidad promedio que se reporta en Colombia en hatos para producción de carne, varía entre 58 y 78% (ICA 1989).

En hatos de carne, particularmente, es frecuente la escasa supervisión de los animales y la falta de información necesaria para el cálculo de las tasas de natalidad. Al mismo tiempo, es común el reporte de tasas de natalidad obtenidas en períodos menores a un año, sin considerar que el período de evaluación no puede ser inferior a la duración del evento que se quiere medir. Una forma de superar estas dificultades es calcular la tasa estimada de natalidad (TEN) a partir de una observación puntual: la información de las vacas lactantes y la edad de los terneros ofrece un estimado de los nacimientos ocurridos antes de la observación y la información de las vacas gestantes ofrece un estimado de los nacimientos que ocurrirán posteriormente.

$$TEN = \frac{(VL < 4 m) + (VG > 1 m)}{TVE} \times 100$$

donde:

VL<4 m = vacas lactantes con menos de 4 meses de lactancia

VG>1 m= vacas gestantes con más de 1 mes de gestación

TVE = total de vacas examinadas

La fórmula, adaptada de Reed *et al.* (1974) y Stonaker *et al.* (1976), puede ajustarse a criterio del investigador de manera que se cubra el período de un año, por ejemplo, vacas lactantes de menos de cinco meses y vacas gestantes de más de dos meses.

Dos evaluaciones puntuales con un intervalo de 12 meses entre ellas, aporta información de dos períodos reproductivos consecutivos de un año cada uno. El método de estimación puntual ha demostrado ser suficientemente confiable. Un estudio realizado en Venezuela registró coeficientes de correlación hasta de 0.99 entre la estimación puntual (promedio de dos observaciones) y la tasa real de natalidad promedio de dos años (Plessow 1985). Parece más práctico incluir exclusivamente las vacas en la medición, como medida de potencial reproductivo, y analizar el potencial de las novillas en forma independiente.

Tasa de mortalidad de terneros lactantes (TML)

En hatos de cría (sea carne o doble propósito) la eficiencia reproductiva de la vaca se extiende hasta el destete, porque de la habilidad materna dependerá la supervivencia y el peso del ternero al destete. La tasa de mortalidad de terneros lactantes (TML) relaciona en forma porcentual la cantidad de terneros que mueren de un total de terneros nacidos en un período determinado.

$$\text{TML} = \frac{\text{terneros muertos}}{\text{terneros nacidos}} \times 100$$

En Colombia, se reportan tasas de mortalidad de terneros lactantes entre 4 y 9% (ICA 1989).

Tasa de destete (TD)

A partir de la información de natalidad y mortalidad de lactantes, es posible calcular la tasa de destete:

$$\text{TD} = \text{TN} - (\text{TN} \times \text{TML}/100)$$

Tasa de abortos y tasa de concepción (TC)

La tasa de abortos relaciona en forma porcentual la cantidad de abortos que se presentan sobre un total de concepciones que ocurren. Dado que no es factible determinar con precisión el total de concepciones que no llegan a su término, se recomienda el término tasa de abortos detectados (TAD).

$$\text{TAD} = \frac{\text{abortos detectados}}{\text{total de concepciones}} \times 100$$

La tasa de abortos relaciona en forma porcentual la cantidad de abortos que se presentan sobre un total de concepciones que ocurren. Dado que no es factible determinar con precisión el total de concepciones que no llegan a su término, se recomienda el término tasa de abortos detectados (TAD).

$$\text{TAD} = \frac{\text{Abortos detectados}}{\text{Total de concepciones}} \times 100$$

La tasa de abortos puede igualmente calcularse a partir de la diferencia entre el total de hembras que conciben y el total de las que llegan al parto, en un período determinado:

$$\text{TAD} = 100 - \frac{\text{No. partos} \times 100}{\text{total de concepciones}}$$

La misma fórmula puede utilizarse para calcular la tasa de concepción, cuando se dispone de la información de natalidad y de abortos:

$$\text{TC} = \frac{\text{TN} \times 100}{100 - \text{TAD}}$$

Intervalo entre partos (IEP)

A partir de la definición de Habich (1986), eficiencia puede también expresarse como el tiempo que requiere un recurso para obtener un producto determinado ($E = T R^{-1} P^{-1}$). De esa manera, el intervalo entre partos representa el tiempo que requiere una vaca para producir un ternero y constituye la medida más exacta de eficiencia reproductiva, con la ventaja adicional de poderse utilizar como parámetro tanto individual como poblacional, en tanto que la

tasa de natalidad es sólo poblacional. De esa manera, el parámetro permite correlaciones con las características individuales del animal.

No obstante, su determinación presenta también las mayores dificultades. Cuando se trata de rebaños cuyos eventos reproductivos no están sincronizados, es difícil fijar los límites del período de evaluación. Bajo nuestras condiciones, el IEP suele ser muy grande y, como se mencionó anteriormente, el período de evaluación no debe ser menor que el evento a medir. Además, debe permitirse que todas las vacas tengan al menos una observación. Mientras mayor sea el período de evaluación, mayor es el riesgo de introducir errores en la estimación. Precisamente, las vacas que se descartan por problemas reproductivos no se incluyen en el análisis dado que ellas no permanecen en el hato el período completo de evaluación. Es decir, toda evaluación durante un período de tiempo prolongado lleva intrínseco el concepto de persistencia que, en general, tiende a favorecer a los animales de comportamiento superior.

Cuando se comparan grupos (sistemas, fincas, tratamientos) se comete frecuentemente el error de que las vacas de comportamiento superior, con más de una observación en el período de evaluación, se incluyen igual número de veces en el análisis a pesar de tratarse de un sólo animal. Se sugiere promediar los intervalos de cada vaca de manera que se compute una sola observación por animal. Lógicamente, al analizar individuos a través del tiempo, cada intervalo será una observación.

Otra fuente de error es excluir del análisis las vacas de muy bajo comportamiento como son aquellas que no alcanzan a presentar dos partos durante el período de evaluación. Se requiere

fijar criterios para el manejo de la información de estos animales (Amézquita y Rojas 1985):

- *Vacas con un parto registrado y gestantes al final del período.* Se estima la fecha del segundo parto a partir del diagnóstico de gestación.
- *Vacas con un parto registrado y lactantes al inicio del período.* Se estima la fecha de parto correspondiente a la lactancia.
- *Vacas sin información de parto pero lactantes al inicio del período y gestantes al final del mismo.* Se estiman las fechas de parto de manera similar a los casos anteriores.
- *Vacas con un parto registrado y no gestantes al final del período.* Se calcula el intervalo promedio parto-concepción, si la diferencia entre el parto y el final del período es mayor que ese promedio se asume que la vaca concibe inmediatamente después del final del período y se calcula la fecha del parto supuesto. En el caso que dicha diferencia sea menor, se excluye dicha observación del análisis.

La estimación del IEP de las vacas de bajo comportamiento representa el intervalo mínimo que pueden lograr estos animales y de hecho no es el real. Sin embargo, su exclusión del análisis puede sesgar enormemente los resultados. Como sugerencia, podría incluirse junto a la información del parámetro, la proporción de intervalos que debieron ser asumidos. No existen recetas absolutas para el manejo de las dificultades en el análisis pero el investigador tiene que estar atento a detectarlas y los criterios anteriores son algunas opciones para superarlas.

Un ejemplo que documenta las dificultades para el análisis y su interpretación lo presenta un estudio de caracterización de sistemas de producción en Botswana (Cuadro 3). La región 5, con el más pobre comportamiento reproductivo en términos de natalidad, no presenta el más largo IEP. Además, las tasas de natalidad difieren de su estimación a partir del IEP, asumiendo, como es lógico, que a un IEP promedio de 365 días corresponde una natalidad del 100 por ciento:

$$\text{Natalidad estimada} = (365 / \text{IEP}) \times 100$$

Cuadro 3. Comparación de parámetros de comportamiento reproductivo de vacas en Botswana.

Región	Tasa de natalidad, %	IEP, días	Natalidad estimada, %
1	52.7	693	52.7
2	48.2	623	58.6
3	56.0	578	63.1
4	47.7	547	66.7
5	36.5	550	66.4
6	66.0	465	78.5
Media	51.1		64.3

Adaptación de Reed *et al.* (1974).

En Colombia, se reportan promedios de IEP para hatos de producción de carne de 12.5 a 15.9 meses.

Días abiertos (Intervalo parto-concepción)

Es un parámetro que cubre un período menor que el IEP y es igualmente eficiente para medir el potencial reproductivo si se considera que el período de gestación es constante (285 días, generalmente). Los riesgos y criterios para la estimación del IEP también son válidos para el cálculo de los días abiertos.

Producción de carne al destete por año (PCD/año)

La eficiencia de una vaca de carne no sólo está dada en función de la cantidad de terneros que produce sino que en la mayoría de los sistemas de producción, el peso de los mismos suele ser importante y, de hecho, pueden estar inversamente correlacionados. La PCD/año expresa el peso al destete (PD) de los terneros en función del intervalo entre partos (en días):

$$\text{PCD/año} = (\text{PD} \times 365) / \text{IEP}$$

PARAMETROS DE COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LOS BOVINOS DE DOBLE PROPOSITO

Por tratarse de vacas de cría, la estimación de la habilidad reproductiva en los sistemas doble propósito guarda la estructura básica de los sistemas de carne exclusivamente, sin olvidar que las vacas doble propósito producen leche además del ternero y ambas producciones deben ser relacionadas. En condiciones naturales, la lactancia es un proceso que se sucede como consecuencia de la gestación y por eso en sistemas donde se produce leche resulta

menos importante calcular la producción bruta de una vaca que determinar cada cuanto está en capacidad de producir una determinada cantidad de leche, considerando que bajo condiciones de estrés ambiental el incremento de la capacidad productiva de leche de las vacas tiende a disminuir su habilidad reproductiva.

Producción de leche por día del intervalo entre partos

Relaciona la producción de leche con la habilidad reproductiva de la vaca; para su cálculo se divide la producción total de leche (no corregida a 305 días) por los días del IEP (Vacarro 1986). Una revisión realizada por Arango (1989) indica que en Colombia la producción media de vacas doble propósito es de 1.1-1.3 l/día del IEP.

Producción agregada de la unidad vaca-ternero

En razón a que las vacas doble propósito además de la leche ordeñada producen también la que es consumida por el ternero, se recomienda expresar el rendimiento de la vaca y del ternero en forma agregada y no en forma independiente. La alternativa es generar un equivalente que convierta carne a leche o viceversa. Si se relaciona la energía metabólica necesaria para producir 1 kg de carne con aquella necesaria para producir leche, según estimaciones del ARC (1984), sería 1:7. Plessow (1985) utilizó el criterio de *Producción equivalente de carne* asumiendo que 9 l de leche producida son equivalentes a un kg de carne. La relación proteica entre leche y carne es 1:4.6 considerando que el contenido

promedio de proteína de la leche es de 3.4% y el de la carne de ternero 15.6% (ARC 1984).

La expresión en *Unidades económicas equivalentes a carne o leche (UEEC - UEEL)* también ha sido recomendada (Rivera *et al.* 1990) a partir de una relación de precio por kg de peso vivo y precio del litro de leche (R). La principal justificación para incluir esta relación en el cálculo es que el nivel óptimo de ordeño depende por un lado del potencial genético de las vacas pero también de la relación de precios carne:leche, existiendo un punto en esa relación donde no existen incentivos para realizar el ordeño (Gómez *et al.* 1989).

$$\text{UEEC} = \text{peso al destete} + (\text{leche producida} / R)$$

$$\text{UEEL} = \text{leche producida} + (\text{peso al destete} \times R)$$

De la misma manera que la producción de leche que se ordeña, las Unidades económicas equivalentes a carne o leche deben expresarse por día del IEP, relacionando la producción de carne o leche de la vaca en cada parto con su habilidad reproductiva.

En consideración a que los terneros, particularmente después de los tres a cuatro meses, hacen un uso importante de otros recursos diferentes a la leche, se discute la edad que se debe considerar para el cálculo del peso al destete. Schlugel (1976) considera que el desarrollo ruminal completo se alcanza alrededor de las 8 semanas cuando la dieta líquida es limitada y el ternero es inducido tempranamente a consumir alimentos secos, mecanismo que le permite al ternero compensar el consumo de leche como se ha comprobado en algunos estudios: (1) la ganancia de peso de los terneros hasta los cuatro meses (793 g/día) no se afectó por el

consumo de leche, en un rango de 4.7 a 6.0 kg/día (Mata *et al.* 1990; Díaz *et al.* 1990) y (2) no es significativa ($r=0.12$) la correlación entre ganancia predestete a los nueve meses, 403 g/día, y producción total de leche, 1251 kg (Martínez *et al.* 1990).

Otro argumento a favor de utilizar la producción de la unidad vaca-ternero hasta los tres a cuatro meses, como medida del potencial de las vacas doble propósito, es la alta correlación existente entre producción de leche al inicio y al final de la lactación; como parámetro de selección, se considera que producción a 305 días puede ser reemplazada por producción sobre 90 o 120 días (Vargas *et al.* 1990).

FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LAS VACAS DE CRIA

En sistemas de producción de carne, las variables genéticas y ambientales que afectan el comportamiento reproductivo se han estudiado ampliamente. Las características reproductivas son de baja heredabilidad y se puede esperar que no existan posibilidades para mejorarlas por selección (Buddenberg *et al.* 1989; Williams *et al.* 1991). La selección por características reproductivas ha sido más intensa en machos; la circunferencia escrotal de toretes de un año de edad se relaciona positivamente con edad a la pubertad y fertilidad posterior de sus hijas y medias hermanas y su heredabilidad es 0.39 (Smith *et al.* 1989).

Dentro de los factores no genéticos se mencionan como significativos época y año del parto, edad de la vaca, número de partos, peso, condición y tamaño corporal de la madre y sexo del

ternero. El efecto de la edad de la vaca y del número de partos fundamentalmente diferencia a las vacas de primer parto de las demás; las vacas primerizas debido a que no han completado su desarrollo y deben atender a la vez funciones de lactación, retrasan significativamente la actividad reproductiva posparto.

El peso vivo o cambios de peso son los indicadores del estado nutricional que más se usan. En hatos de carne, el peso de las vacas explica gran parte de la variabilidad en comportamiento reproductivo (Levine *et al.* 1980). Algunos modelos, que incluyen sólo la variable peso de la vaca para explicar tasas de concepción, indican coeficientes de correlación de 0.80 (Kleinheisterkamp y Habich 1985) y de 0.85 (Plessow 1985). El efecto de época y año de parto está ligado en gran parte a cambios en el sustrato alimenticio y por ende en el peso o condición de los animales. Es discutible el efecto de ganancias o pérdidas previas de peso sobre la probabilidad de concebir a un peso dado (Levine *et al.* 1980); el peso al parto podría determinar la proporción de peso que una vaca puede perder sin afectar su función reproductiva posparto.

En hatos doble propósito, el efecto del peso es menos claro debido a que las reservas corporales pueden orientarse a la producción de leche o a la reproducción. Trabajos en Costa Rica indican que el peso al parto (351 ± 55 kg) no tuvo influencia sobre el intervalo parto-concepción (91 ± 36 d) en ninguno de tres grupos raciales evaluados, criollo, Jersey y sus cruces (Casas *et al.* 1990). Cuando los requerimientos nutricionales son cubiertos en forma independiente de la producción de la vaca, el peso no afecta el comportamiento reproductivo (Fiss y Wilton 1989).

Las vacas de esqueleto grande, dentro de cada tipo racial, suelen tener terneros más pesados al destete y con mayor potencial para peso maduro, más eficientes económicamente y de

menores requerimientos por unidad de peso corporal (Kress *et al.* 1969). La habilidad reproductiva, medida como intervalo parto-concepción, fue superior en las vacas de mayor altura a la protuberancia del sacro y no hubo interacciones con tipo racial cuando se compararon vacas criollas y cebú (Rivera 1988). Sin embargo, Buttram y Willham (1989) demostraron que las vacas pequeñas tienen mejores tasas de natalidad que las grandes y las interacciones indican que esta diferencia puede acentuarse bajo condiciones desfavorables.

Es claro que una parte importante de la variación en el peso de las vacas es función de la altura, a tal punto que cuando la variación en tamaño es muy grande, el peso es menos importante que la condición corporal (Goddard *et al.* 1980). La condición puede ser asignada en forma subjetiva y constituirse en una variable categórica de clasificación o cuantificarse a partir de una relación peso/altura constituyendo una medida continua y objetiva, de gran utilidad para predecir habilidad reproductiva.

El sexo del ternero también puede afectar el comportamiento reproductivo de las vacas de cría. Rivera (1990) encontró que vacas cebú con ternero hembra presentan significativamente ($P < 0.05$) menores intervalos parto-concepción (259 vs. 308 d) y mayores tasas de reconcepción de vacas en lactancia (22.1 vs. 11.6%); la mayor intensidad del amamantamiento de los terneros machos, con mayor potencial de crecimiento, explican la disminución del potencial reproductivo de sus madres.

La actividad reproductiva posparto es retardada por efecto del amamantamiento independientemente del nivel nutricional (Oxenreider y Wagner 1971), siendo el ganado cebú más susceptible que el *Bos taurus* (Madalena e Hinojosa 1976), y más importante la frecuencia del amamantamiento que el volumen total

diario de leche extraída (Wettermann *et al.* 1978). Si bien el mecanismo mediante el cual los procesos de amamantamiento y lactación afectan la presentación del estro y la capacidad de concepción es desconocido, algunos estudios sugieren que la causa de la inhibición de la ovulación es la capacidad reducida de la pituitaria para responder al factor liberador de la LH (Walters *et al.* 1982).

Diferentes prácticas de manejo del amamantamiento han sido ensayadas para aliviar el estrés de las vacas de carne en lactación y mejorar su eficiencia reproductiva. El destete precoz, a los tres meses de edad del ternero, mejora significativamente el comportamiento reproductivo de vacas de carne en áreas tropicales y su efecto puede ser superior a cualquier mejora en la nutrición (Moore 1984). El destete temporario, que consiste en la separación del ternero por 72 horas alrededor de los 90 días de edad, se ha ensayado con éxito para mejorar la actividad reproductiva posparto (Martínez y Gutiérrez 1984). No obstante, la práctica no ha sido efectiva con vacas primerizas o cuando el estado nutricional de la vaca es deficiente (Cantet y Cal 1981) y además su efectividad en ganado cebú es discutida (Tabunakawai y Entwistle 1986). Mejores resultados se han reportado combinando el destete temporario con la aplicación de benzoato de estradiol (Callejas *et al.* 1990). La restricción del amamantamiento a cortos periodos diarios, generalmente a 1-2 horas por 1-2 veces al día, ha resultado muy eficaz para estimular la actividad reproductiva posparto sin ocasionar pérdidas sustanciales de peso en los terneros (Wettermann *et al.* 1978). Moore y Rocha (1983) encontraron que el amamantamiento restringido es tan eficiente como el destete precoz para reducir el período parto-concepción. Las vacas de primer parto no han mostrado una respuesta positiva a la restricción del amamantamiento (Montoni y Riggs 1978) y Reeves y Gaskins

(1981) no encontraron una disminución significativa del intervalo parto-concepción ni incrementos de peso en la vaca.

En vacas doble propósito, se ha evaluado el efecto de retrasar el amamantamiento como una alternativa de manejo para mejorar su eficiencia reproductiva. El retraso del amamantamiento por ocho horas después del ordeño manual incrementó el número de vacas que ovulan antes de los 100 días sin afectar el peso de las vacas, ni el crecimiento del ternero, ni la producción de leche ordeñada, cuando se comparó con el amamantamiento por dos horas inmediatamente después del ordeño (Gallegos-Sánchez *et al.* 1990).

CONCLUSIONES

La evaluación reproductiva de las vacas resulta fundamental para conocer la eficiencia de uno de los más importantes componentes de los sistemas de producción de carne y doble propósito y comprender su interrelación con otros factores del proceso productivo en términos biológicos y económicos, a fin de plantear opciones tecnológicas útiles y atractivas para el productor.

En una caracterización estática, con una única visita de observación, es posible obtener parámetros que ayudan a entender el comportamiento y el potencial reproductivo de los animales:

- Edad y peso a la primera concepción
- Tasa estimada de natalidad
- Distribución estimada de nacimientos

- Estimado de días abiertos
- Vida útil y tasa estimada de reemplazo
- Peso, condición y tamaño corporal de las vacas en diferentes condiciones fisiológicas
- Relación toro:vaca

En una etapa de seguimiento, a partir de visitas periódicas de evaluación que permiten evaluar el efecto de estación sobre algunos de los parámetros anteriores, es posible determinar además:

- Tasa de abortos
- Tasa de mortalidad de terneros lactantes
- Tasa de destete
- Intervalo entre partos
- Peso al destete
- Producción por día del IEP

A partir de la discusión presentada, es claro que la tasa de natalidad, a pesar de ser el parámetro más comúnmente utilizado, no representa realmente la habilidad reproductiva de las vacas, particularmente cuando esta se refiere sólo al comportamiento de un año. De la misma manera, los índices de preñez, de lactación y de reconcepción de vacas lactando sólo son útiles cuando los eventos reproductivos están sincronizados mediante monta estacional, y esta información adicional debe ser reportada explícitamente. Los demás parámetros pueden ser útiles dependiendo del tipo de explotación, de la duración del estudio, de la calidad de la información, etc., no obstante, el parámetro días abiertos y, a partir de él, la estimación del IEP puede reflejar muy fielmente la eficiencia reproductiva, no sólo de los hatos, sino también del animal individual.

En un estudio de sistemas, las características productivas de la población tienen mayor relevancia que las características individuales. De la misma manera, el comportamiento reproductivo, como criterio de eficiencia, tiene mayor validez frente a la posibilidad de integrar los componentes reproductivo y productivo, sea de terneros destetados y/o leche ordeñada, opción que se presenta y discute en el documento.

Si bien la variabilidad en comportamiento reproductivo de las vacas especializadas en producción de leche o hatos de producción intensiva de carne es pequeña y permite fijar topes de referencia para justificar actividades específicas de mejoramiento, en hatos doble propósito, y en menor escala explotaciones extensivas de producción de carne, la variabilidad es muy amplia, reflejo de la gran diversidad climática, alimenticia y racial. En esas condiciones, el mejor referente puede ser el comportamiento de otras fincas en la región que compartan sistemas de producción similares.

Se hace necesario conocer mejor las relaciones peso (o cambios de peso) y condición corporal con producción de leche y habilidad reproductiva en vacas doble propósito. El manejo del amamantamiento del ternero abre algunas perspectivas para mejorar el comportamiento reproductivo de vacas de carne y doble propósito, pero es claro que existe una extrema variación en la respuesta de las vacas al destete precoz, al destete temporario y a la restricción del amamantamiento, probablemente debida a las diferentes condiciones experimentales en términos climáticos, nutricionales y raciales. Esa interacción entre el ambiente y los diferentes tratamientos que se aplican es la justificación para continuar profundizando en el conocimiento de los factores que condicionan la respuesta de un determinado animal bajo condiciones también determinadas.

LITERATURA CITADA

- AMEZQUITA, M.C.; ROJAS, A. 1985. Metodología de procesamiento y análisis estadístico de la información. In *Sistemas de producción pecuaria extensiva*; Brasil, Colombia, Venezuela. R.R. Vera y C. Seré (Eds.). CIAT, Cali, Colombia. p. 1-30.
- ARANGO, L. 1989. La ganadería de doble propósito: Estudio del caso colombiano. In *Panorama de la ganadería de doble propósito en la América tropical*. L. Arango, A. Charry y R. Vera (Eds.). ICA-CIAT, Bogotá, Colombia. p. 59-74.
- ARC (AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL). 1984. The nutrient requirements of ruminant livestock. Agricultural Research Council. Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, England.
- BUDDENBERG, B.J.; BROWN, C.J.; JOHNSON, Z.B.; DUNN, J.E.; PETERSON, H.P. 1989. Heritability estimates of pregnancy rate in beef cows under natural mating. *Journal of Animal Science* 67:2589-2594.
- BUTTRAM, S.T.; WILLHAM, R.L. 1989. Size and management effects on reproduction in first-, second- and third-parity beef cows. *Journal of Animal Science* 67:2191-2196.
- CALLEJAS, S.S.; ALBERIO, R.; DORAY, J.; SCHIERSMANN, G. 1990. Inducción de actividad sexual en el post parto de vacas de cría por medio de un destete temporario y benzoato de estradiol. *Anais de 12 Reunião da ALPA*. Campinas, Brasil. p. 157.

- CANTET, R.J.; CAL, G.L. 1981. Efecto de la lactación sobre la fisiología reproductiva del bovino. *Gaceta Veterinaria* (Buenos Aires) T.XLIII:542-558.
- CASAS, E.; TEWOLDE, A.; SALGADO, D.; MUJICA, F. 1990. Efecto del peso al parto sobre el intervalo parto-concepción en vacas criollas, jersey y sus cruces. *Anais da 12 Reunião da ALPA*. Campinas, Brasil. p. 217.
- DAZ, H.; LIVAS, F.; GARCIA, E. 1990. Ganancias de peso en becerros 3/4 y 5/8 holstein x cebú bajo tres sistemas de crianza. *Anais da 12 Reunião da ALPA*. Campinas, Brasil. p. 27.
- FISS, C.F.; WILTON, J.W. 1989. Effects of breeding system, cow weight and milk yield on reproductive performance in beef cattle. *Journal of Animal Science* 67:1714-1721.
- GALLEGOS-SANCHEZ, J.; LOPEZ, R.; GARCIA-WINDER, M. 1990. Influencia del retraso del amamantamiento sobre el intervalo post-parto en vacas *Bos taurus* x *Bos indicus*. *Anais da 12 Reunião da ALPA*. Campinas, Brasil. p. 162.
- GODDARD, M.E.; ENTWISTLE, K.W.; DIXON, R. 1980. Variables affecting pregnancy rate in *Bos indicus* cross cows. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 13:65-67.
- GOMEZ, F.; SANDERS, J.; CARTWRIGHT, T.C.; NELSEN, T.C. 1989. Simulación de las posibilidades genéticas de la producción de carne y leche en el trópico bajo. In *Panorama de la ganadería de doble propósito en la América tropical*. L.

Arango, A. Charry y R. Vera (Eds.). Bogotá, Colombia, ICA-CIAT. p. 255-268.

HABICH, G. 1986. Eficiencia reproductiva del ganado bovino: reflexiones sobre las formas de expresarla y los modos de medirla. In *Diálogo XI. Seminario sobre tecnología para el incremento de la tasa reproductiva de los rodeos*. C. Molestina (Ed.). Montevideo, Uruguay. IICA. p. 11-24.

HABICH, G.; RIVERA, B. 1990. Caracterización de sistemas de producción pecuaria extensiva en sabanas de sudamérica.. In *Investigación con pasturas en fincas. Memorias de la VII Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales*. Palmira, Colombia, CIAT. p. 153-167.

ICA (INSTITUTO COLOMBIANO DE AGRICULTURA). 1989. Documento ICA-PLANIA II, Ganado de carne 1989-1993. 214 p.

KLEINHEISTERKAMP, I.; HABICH, G. 1985. Colombia: Estudio biológico y técnico. In *Sistemas de producción pecuaria extensiva: Brasil, Colombia, Venezuela*. R.R. Vera y C. Seré (Eds.). Cali, Colombia, CIAT. p. 213-278.

KRESS, D.D.; HAUSER, E.R.; CHAPMAN, A.B. 1969. Efficiency of production and cow size in beef cattle. *Journal of Animal Science* 29:373-383.

LEVINE, J.M.; AMEZQUITA, M.C.; HOHENBOKEN, W.D. 1980. Relationship of live weight to calving rate of grade zebu heifers and cows on the Eastern Plains of Colombia. *Journal of Animal Science* 50:1040-1044.

- MADALENA, F.; HINOJOSA, A. 1976. Reproductive performance of Zebu compared with Charolais x Zebu females in a humid tropical environment. *Animal Production* 23:55-62.
- MARTINEZ, G.; ALVARADO, L.; OSSA, G. 1990. Crecimiento predestete de progenies de toros cruzados F1 Holstein x Cebú en el Valle del Rio Sinú. Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia (17., Popayán, Colombia, 1990). [Memorias]. p. 45.
- MARTINEZ, G.; GUTIERREZ, H. 1984. Interrupción temporal de la lactancia como alternativa de manejo para aumentar la eficiencia reproductiva de vacas BON. *Revista ICA* 19:165-172.
- MATA, L.; LIVAS, F.; BASURTO, H.; GARCIA, E.; BARREIRO, L. 1990. Comportamiento productivo de becerros 3/4 y 5/8 Holstein x Cebú en dos sistemas de amamantamiento. *Anais da 12 Reunião da ALPA*. Campinas, Brasil. p. 26.
- MONTONI, D.; RIGGS, J.R. 1978. Efecto del amamantamiento limitado sobre el comportamiento productivo y reproductivo de un rebaño Brahman. *Agronomía Tropical* 28:551-571.
- MOORE, C.P.; ROCHA, C.M.C. 1983. Reproductive performance of Gyr cows: the effect of weaning age of calves and postpartum energy intake. *Journal of Animal Science* 57:807-814.
- MOORE, C.P. 1984. El destete temprano y su efecto en la reproducción del ganado bovino tropical. *Revista Mundial de Zootecnia* 49:39-50.

- O'ROURKE, P.K.; HOWITT, C.J. 1986. Planning and design of reproductive experiments. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 16:65-67.
- OXENREIDER, S.L.; WAGNER, W.C. 1971. Effect of lactation and energy intake on post-partum ovarian activity in the cow. *Journal of Animal Science* 33:1026-1031.
- PLESSOW, C. 1985. Venezuela: Estudio técnico y análisis económico. In *Sistemas de producción pecuaria extensiva: Brasil, Colombia, Venezuela*. R.R. Vera y C. Seré (Eds.). Cali, Colombia, CIAT. p. 339-430.
- REED, J.B.H.; DOXEY, D.L.; FORBES, A.B.; FINLAY, R.S.; GEERING, I.W.; SMITH, S.D.; WRIGHT, J.D. 1974. Productive performance of cattle in Botswana. *Tropical Animal Health and Production* 6:1-21.
- REEVES, J.J.; GASKINS, C.T. 1981. Effect of once-a-day nursing on rebreeding efficiency of beef cows. *Journal of Animal Science* 43:301 (Abstr.).
- RIVERA, B. 1988. Performance of beef cattle herds under different pasture and management systems in the Llanos of Colombia. Dissertation D-83 No. 205. Institut fuer Tierproduktion, TU-Berlin. 256 p.
- RIVERA, B. 1990. Comportamiento reproductivo de vacas en relación a edad, época de parto y sexo de la cría. *Memorias XVII Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. Popayán, Colombia. p. 67.

- RIVERA, M.D.; NUÑEZ, R.; FERNANDEZ, S. 1990. Análisis conjunto de producción de leche y peso destetado por vaca de doble propósito. Anais da 12 Reunião da ALPA. Campinas, Brasil. p. 243.
- SCHLUGEL, L.M. 1976. Nutrition of the pre-ruminant calf. Proceeding 1st. international symposium feed composition: Animal nutrient requirement and computerization of diets. Logan, Utah, Utah State University.
- SMITH, B.A.; BRINKS, J.S.; RICHARDSON, G.V. 1989. Relationship of sire scrotal circumference to offspring reproduction and growth. *Journal of Animal Science* 67:2881-2885.
- STONAKER, H.H.; VILLAR, J.; OSORIO, G.; SALAZAR, J. 1976. Differences among cattle and farms as related to beef cow reproduction in the Eastern Plains of Colombia. *Tropical Animal Health and Production* 8:147-154.
- TABUNAKAWAI, N.; ENTWISTLE, K.W. 1986. Effects of temporary weaning on fertility of *Bos indicus* strain cows. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 16:432.
- VACCARO, L. 1986. Criterios de selección en bovinos de leche, carne, y doble propósito. In *Producción de leche y carne en el trópico*. S. Fernández-Baca (Ed.). Santo Domingo, República Dominicana, Centro Nacional de Investigaciones Pecuarias CENIP, Secretaría de Estado de Agricultura. p. 55-64.
- VARGAS, P.; ALENDA, R.; CARBAÑO, M.J. 1990. Cálculo de los parámetros genéticos y fenotípicos entre lactaciones parciales

y la producción a 305 días. Anais de 12 Reunião da ALPA, Campinas, Brasil. p. 234.

WALTERS, D.L.; SMITH, F.M.; HARMS, P.G.; WILTBANK, J.N. 1982. Effect of steroids and/or 48 hr calf removal on serum luteinizing hormone concentrations in anestrous beef cows. *Theriogenology* 18:349-356.

WETTEMANN, R.; TURMAN, E. J.; WYATT, R. D.; TOTUSEK, R. 1978. Influence of suckling intensity on reproductive performance of range cows. *Journal of Animal Science* 47:342-346.

WILLIAMS, A.R.; FRANKE, D.E.; SAXTON, A.M. 1991. Genetic effects for reproductive traits in beef cattle and predicted performance. *Journal of Animal Science* 69:531-542.



CAPITULO IV

EVALUACION REPRODUCTIVA DEL GANADO LECHERO

Manuel I. Gallego M.

*Instituto Colombiano Agropecuario
Bogotá, Colombia*

CAPITULO IV

EVALUACION REPRODUCTIVA DEL GANADO LECHERO

Manuel I. Gallego M.¹

INTRODUCCION

La vaca productora de leche es el organismo más eficiente para la producción de nutrientes para el hombre. Es además, entre los ruminantes, el que muestra una mayor tasa de síntesis de producto y sobre el cual existe una marcada presión de selección para aumentar su potencial de producción (Bloxham 1980). Esto ha conducido a desarrollar un animal altamente susceptible a influencias ambientales, nutricionales, infecciosas, etc., que pueden alterar su actividad reproductiva. El comportamiento reproductivo puede evaluarse a través de indicadores para los cuales se han desarrollado infinidad de fórmulas que permiten caracterizar cada uno de los componentes involucrados en el proceso; cualquiera que sea, exige registros confiables de información.

Cuando se solicita al médico veterinario para atender un problema reproductivo en un hato lechero, generalmente se encuentra con un conjunto de síntomas como presentación de

¹ M.V.; M. Sc. Centro de Investigación en Salud y Producción Animal CEISA). Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá, Colombia.

abortos, repetición del celo, partos distócicos, metritis, retenciones de placenta, mortalidad de terneros recién nacidos, nacimientos de animales débiles y mastitis. Al hacer un estudio del hato en cuestión, el profesional puede detectar deficiencias nutricionales, de manejo o problemas infecciosos de diversa naturaleza, los cuales, ya sea en forma separada o combinada, van a ser responsables de la sintomatología descrita.

Según Diskin y Sreenan (1980) y Sreenan y Diskin (1983) los porcentajes de fertilización pueden alcanzar un 90%, mientras que el promedio de partos en muchos casos es del 60% o menor. Esto puede explicarse por la magnitud de las pérdidas de la gestación, las cuales en un 75-80% de los casos ocurren dentro de los 20 días después del servicio (muerte embrionaria), un 10-15% adicional hasta el momento de la implantación y un 10-15% restante entre la implantación y el nacimiento del ternero.

De acuerdo a estas consideraciones, cuando se presentan abortos en un hato, estos constituyen apenas un porcentaje pequeño del problema reproductivo total cuya sintomatología más frecuente es la repetición del celo o, dicho de otra manera, un intervalo parto-concepción (días abiertos) prolongado. Este síntoma es general para todas las causas que pueden incidir en el comportamiento reproductivo de los animales.

El análisis adecuado de indicadores de la actividad reproductiva facilita detectar eventuales variaciones, las cuales, al relacionarlas con los factores que las afectan, permitirá establecer los correctivos necesarios en el momento oportuno para atenuar su efecto económico. La presente contribución presenta la manera de evaluar algunos de los procesos comprometidos con el comportamiento reproductivo de los bovinos para producción de

leche, lo mismo que algunos valores de referencia que reporta la literatura especializada.

INVOLUCION UTERINA Y ACTIVIDAD HORMONAL EN EL PUERPERIO

El período crítico en la vida reproductiva de una vaca comienza en el momento del parto y se extiende por 85 a 100 días. Durante este tiempo, la vaca no solamente está sometida al estrés del parto, sino que debe iniciar la producción de leche, entrar en celo y quedar cargada de nuevo. Solamente aquellos animales que no tienen restricciones nutricionales y que están exentos de enfermedades, alcanzan estas metas. Existen también otros factores que pueden prolongar este intervalo y que dependen del manejo del puerperio por parte del mayordomo o ganadero.

Al momento del parto, el útero llega a distenderse hasta una longitud de un metro y alcanza un peso aproximado de 9 kg. En los siguientes 45 a 60 días, el tracto genital debe eliminar tejidos, fluidos de desecho y contaminación bacteriana. En ese momento, la estructura del útero y la actividad ovárica deben estar restauradas para asegurar la continuidad reproductiva de los animales. El período de recuperación, desde el parto hasta la siguiente concepción, se denomina período abierto, abarca de 85 a 100 días y sobre él descansa prácticamente la evaluación reproductiva del ganado de leche. Este período se subdivide en tres etapas:

1. *Intervalo parto-primer celo.* Tiene una duración aproximada de 45 días y constituye el tiempo necesario para completar la involución uterina, eliminar cualquier contaminación en ese órgano y reanudar la actividad ovárica.
2. *Intervalo primer celo-primer servicio.* Su longitud varía con el criterio de los ganaderos, puesto que algunos no admiten el primer servicio postparto antes de los 90 días. En general, cuando el primer celo se presenta muy temprano en el postparto existen pocos chances de éxito en la concepción.
3. *Intervalo primer servicio-concepción.* Se acepta como óptimo un promedio de 20 a 30 días (Griffiths *et al.* 1982).

REGISTROS REPRODUCTIVOS

Para la evaluación de la eficiencia reproductiva en ganado lechero es imprescindible mantener registros de los eventos relacionados con la reproducción, que permitan calcular índices de producción y evaluar el comportamiento retrospectivo y futuro del hato. Estos registros deben ser llevados por el ganadero bajo instrucciones de un profesional. La información inicial se toma en un diario de bolsillo en el cual se anotan todos los eventos relacionados con reproducción, lactancia, enfermedades y tratamiento de las vacas. La información recogida en este diario se pasa luego a tarjetas de registro propiamente dichas las cuales pueden variar en su formato pero, según Griffiths *et al.* (1982), deben incluir:

1. Fecha del último parto.
2. Fecha del penúltimo parto
3. Fecha del primer celo postparto.
4. Fecha de los celos y/o de los servicios realizados en el postparto.
5. Diagnóstico de preñez de cada uno de los animales.

PARAMETROS REPRODUCTIVOS

Para valorar el comportamiento reproductivo del hato lechero es necesario utilizar ciertos indicadores, basados en constantes fisiológicas como duración de la preñez, tiempo de involución, comienzo de la actividad sexual, intervalo entre celos, etc., casi todos sujetos a variaciones por causas infecciosas, nutricionales y de manejo, atribuibles al hombre o al medio ambiente.

Los resultados de las fórmulas para medir los parámetros reproductivos son simplemente cifras, que por sí solas carecen de significado, y que deben ser comparadas con niveles óptimos ya sea fisiológicos o para la zona o región donde se encuentra la finca. Por ejemplo, en el caso de los sistemas intensivos de producción de leche en la Sabana de Bogotá, el nivel óptimo de natalidad es 85% y esa sería la referencia para lograr superar en eficiencia.

Existen muchos índices o fórmulas para evaluar la eficiencia reproductiva basados en la involución uterina postparto, en la seguridad y eficiencia en la monta natural o artificial, en el desarrollo gestacional, en las características de la producción lechera y en la eficiencia en la detección del celo; sin embargo, todos los sistemas de evaluación están íntimamente correlacionados y no se deberían juzgar por separado.

Intervalo entre partos (IEP) y días abiertos (DA)

Estos índices son los más importantes y fáciles de determinar en una evaluación reproductiva en ganado lechero; para ello, se requiere conocer sólo las fechas de partos. Al intervalo en días entre dos partos se le restan 280 a 285 días, correspondientes al período de gestación (Griffiths *et al.* 1982); la diferencia constituye el total de días abiertos. A partir de la información del último parto y del diagnóstico de gestación, es posible también tener un estimado del IEP y de DA. Estas cifras se pueden calcular para períodos reproductivos anteriores y de esta manera evaluar el comportamiento reproductivo retrospectivo.

En ganado lechero especializado el período de DA suele tener una duración de 85 a 100 días. El IEP del hato se ve afectado por vacas que abortan; sin embargo, si estos animales se eliminan, se reducen los promedios a cifras que dan una idea errónea del comportamiento reproductivo del hato. La determinación del IEP permite hacer análisis retrospectivos del comportamiento reproductivo pero excluye vacas de primer parto, vacas infértiles y vacas eliminadas por infertilidad. En cambio, los DA permiten evaluar un desempeño reproductivo más reciente y considera las vacas primerizas y las descartadas.

Intervalo parto-primer estro (IPPE)

Debe tener una duración de 45 días aproximadamente. Intervalos mayores son indicadores de una detección deficiente del celo en el hato o la presencia de problemas uterinos postparto a nivel individual.

Intervalo parto-primer servicio (IPPS)

Debe ser de 65 a 70 días, aceptando un intervalo voluntario primer celo-primer servicio de 20 a 25 días. Tanto el IPPS como el IPPE, permiten evaluar el comportamiento reproductivo pre-servicio o pre-inseminación. Los promedios por encima de 65 días indican una deficiencia en la detección del celo o un periodo de involución uterina retardado. Este periodo puede prolongarse artificialmente por voluntad del ganadero al favorecer una mejor involución uterina y disminuir las probabilidades de fallas en concepción especialmente cuando se utiliza semen costoso. Cualquier incremento en este intervalo prolonga los días abiertos, con consecuencias económicas desfavorables para el ganadero.

Intervalo primer servicio-concepción (IPSC)

Bajo óptimas condiciones este intervalo debe ser cero. Sin embargo, pueden presentarse variaciones debidas a fallas en la inseminación, por causas infecciosas o nutricionales, o por deficiencias en la detección del celo. El intervalo más frecuente es de 20 a 30 días, lo cual permite mantener un promedio óptimo de 85 a 100 días abiertos.

Servicios por concepción (SC)

Este índice es fundamental para evaluar la capacidad de concepción en las vacas, la calidad del inseminador y del semen, la habilidad reproductiva de los toros y la influencia de factores como detección del celo y nutrición sobre la eficiencia del servicio.

$$SC = \text{No. total de servicios} / \text{No. vacas que conciben}$$

Comúnmente, se considera aceptable un índice de 1.6 servicios por concepción, lo cual significa que el porcentaje de concepción por servicio de 62.5 por ciento.

Cuando se expresa en forma inversa, es decir, vacas que conciben por el número total de servicios, representa el *Índice de concepciones por servicio*.

Tasa de natalidad (TN)

Representa la proporción de terneros que nacen en un período determinado, con relación al número de vacas en el hato.

$$TN \% = (\text{terneros nacidos} / \text{vacas en el hato}) \times 100$$

Whitaker (1980) propuso determinar este porcentaje en función del IEP promedio del hato, considerando que a una TN del 100% corresponde un IEP promedio de 365 días.

$$TN \% = (365 / \text{IEP}) \times 100$$

Porcentaje de abortos detectados (AD)

Se expresa como la proporción (%) de las vacas que abortan sobre el total de vacas que conciben:

$$AD\% = (\text{No. abortos} / \text{No. concepciones}) \times 100$$

Sin embargo, Weaver (1986) propuso relacionar el parámetro con el número de vacas en el hato pero incorporando el IEP de manera que se ajuste a la eficiencia para concebir:

$$AD\% = (\text{No. abortos} / \text{No. vacas}) \times 100 \times (365 / \text{IEP})$$

El aborto es sólo un síntoma de un problema reproductivo y representa una proporción muy baja del total de pérdidas de la gestación en el hato. De ahí la importancia de evaluar y relacionar los niveles de mortalidad embrionaria, a partir de otros parámetros de eficiencia reproductiva.

Porcentaje de eliminación de vacas por problemas reproductivos (EVPR)

La eliminación de vacas en un hato puede ser debida a múltiples causas, siendo las reproductivas una de las más frecuentes y de las que mayores pérdidas económicas ocasionan. Teóricamente, este porcentaje debería ser cero; sin embargo, no dejan de presentarse problemas como partos distócicos, metritis puerperales o casos de infertilidad, que implican el descarte de algunos animales.

$$EVPR\% = (\text{No. vacas eliminadas} / \text{No. vacas en hato}) \times 100$$

Se incluyen en esta fórmula sólo las vacas que se eliminan cada año por problemas reproductivos.

Indice de fertilidad (IF)

Este índice es sencillo de calcular ya que requiere solamente del número de vacas con fecha de parto en los últimos 100 días y la cantidad de vacas preñadas. El IF debe estar por encima del 85% y se calcula de la siguiente manera (Sreenan y Diskin 1983).

$$IF = \frac{\text{vacas preñadas} + \text{vacas paridas} < 100 \text{ d}}{\text{No. vacas en el hato}} \times 100$$

El IF puede calcularse también restando de 100 el porcentaje de vacas problema, considerando éstas como las que permanecen no gestantes por más de 100 días postparto.

Estado de fertilidad (EF)

Es un índice más complejo que el anterior de estimación de la fertilidad que involucra días abiertos y porcentaje de descarte por problemas reproductivos, en su estimación. Para este índice existen dos fórmulas de cálculo (Bloxham 1980). La primera fórmula incluye el intervalo parto primer servicio y el número de servicios por concepción, como parámetros de eficiencia.

$$EF = (IPPS / SC) - (\text{días abiertos} - 125)$$

La segunda fórmula considera el porcentaje de concepción al primer servicio (CPS %) y el porcentaje de eliminación de vacas por problemas reproductivos.

$$EF = (CPS / SC) - (\text{días abiertos} - 125) - (EVPR - 25)$$

Se considera que las cifras 125 y 25 son factores de corrección para días abiertos y porcentajes de descarte por problemas reproductivos y pueden ser modificadas, dado que resultan aparentemente muy altas.

Estado reproductivo del hato (ERH)

Es un índice excelente para detectar tendencias en el comportamiento reproductivo; considera todas las vacas del hato y no se afecta por el estado de gestación, descartes o el número de vacas secas mantenidas en el hato. En hatos con inseminación artificial suelen encontrarse valores alrededor de 65; índices mayores se consideran excelentes (Weaver 1986).

$$ERH = 100 - ((\text{total días abiertos} > 100 / \text{No. vacas}) \times 1.75)$$

Índice de no retorno (INR)

Indica el porcentaje de vacas que no repiten celo o que no repiten servicio en un período determinado. Sirve también para evaluar el porcentaje de preñez, ya que una vaca que no repite celo después de haberse inseminado, se presume que está cargada. El INR se puede medir 28 a 35 días, 30 a 60 días, 60 a

90 días y 150 a 180 días después de servidas, siendo el intervalo 60 a 90 días el más utilizado (Ramos 1980).

$$\text{INR} = ((\text{vacas inseminadas} - \text{vacas que repiten}) \times 100) / \text{vacas inseminadas}$$

En condiciones ideales este valor puede llegar al 100%, indicando que no existen vacas problemas en el hato. Valores de 70 a 80% son aceptables.

Índice de lactancia

La lactancia constituye parte integral de esa constante sucesión de eventos interdependientes que representa la actividad reproductiva. De allí el interés de combinar la habilidad de producción de leche y la capacidad reproductiva de los animales. La producción de leche (total, no corregida a 305 días) por día del intervalo entre partos es un índice que permite expresar en forma combinada ambos factores (Vaccaro 1986).

Promedio de días en lactancia (PDEL)

De acuerdo a Weaver (1986), un intervalo entre partos de 12.5 meses debe presentar un período de lactancia de 320 días (asumiendo un período seco de 60 días). Si hay una distribución normal de partos durante el año, el PDEL para el hato debe estar cercano a los 160 días (320/2). Al observar una curva de lactancia, puede observarse que los animales con más de 150-160 días conservan solo una fracción de su pico de producción, es decir, más allá de este período la producción declina a medida que se incrementan los días en lactancia. Según Urbina (1983), cifras

por encima del promedio mencionado pueden ser el resultado de un mal manejo reproductivo y por debajo del mismo son indicadoras de secado temprano y de descarte drástico por baja producción.

DETECCION DEL CELO

La deficiente detección del celo es uno de los problemas más frecuentes en el manejo del ganado lechero y una de las primeras causas de ineficiencia reproductiva, especialmente cuando se utiliza monta controlada o inseminación artificial. Fallas en este aspecto conducen a un aumento en los días abiertos con las consiguientes pérdidas económicas. Existen varios sistemas para determinar la eficiencia en la detección del celo y todos ellos requieren de registros muy precisos.

$$PDC = (\text{No. servicios} / (\text{No. servicios} + \text{celos perdidos})) \times 100$$

De acuerdo a Eddy (1980), el número de celos perdidos se determina de la siguiente manera:

- Cuando el intervalo interestral es de 35 a 48 días = 1 celo perdido.
- Cuando el intervalo interestral es de 49 a 69 días = 2 celos perdidos.
- Cuando el intervalo interestral es de 70 a 90 días = 3 celos perdidos.

Esta fórmula es aproximada ya que no diferencia la posible mortalidad embrionaria durante los primeros 30 días post-servicio.

Otra fórmula, mencionada por Williamson (1981), es la siguiente:

$$PDC = (21 / \text{intervalo entre celos}) \times 100$$

Otro índice de la eficiencia de la detección del celo es la proporción entre intervalos simples (18-24 días) *versus* interestrales dobles (34-45 días). Una proporción de 7:1 ó mayor indica una excelente detección del celo en un hato con ciclicidad normal.

En los casos de monta estacional, la proporción de vacas inseminadas o en monta los primeros 28 días del período de servicio es también un indicador de la eficiencia en la detección del celo. En hatos con inseminación artificial en períodos definidos, un índice del 90% indica una excelente detección del celo (Williamson 1987).

METODOLOGIA DE EVALUACION REPRODUCTIVA

Para una correcta evaluación reproductiva es necesario disponer de registros que permitan realizar el análisis retrospectivo del hato: si estos no están disponibles, el primer paso a seguir es su implementación, fijando los objetivos de evaluación futura. Al iniciar la evaluación es necesario tener en cuenta el estado

sanitario, nutricional y de manejo del hato para poder correlacionarlos con los resultados del análisis de cada parámetro.

La lógica del análisis incorpora días abiertos, eficiencia del servicio (inseminación o monta natural), desarrollo gestacional, tasas de natalidad, índices de lactancia y eficiencia en la detección del celo. Debe tenerse presente que los parámetros están correlacionados y el cálculo erróneo de uno de ellos puede influir desfavorablemente en el análisis de los demás.

Al momento del parto, debe registrarse la identificación del animal, fecha y condiciones del parto y se fijan las fechas sobre las cuales debe planearse la actividad reproductiva postparto. La primera fecha se cumple a los 42 días postparto, cuando la vaca debe haber entrado en celo. La ausencia de estro indica que la vaca debe tenerse en cuenta para ser examinada en la próxima visita del Médico Veterinario. La segunda fecha se fija a los 55 días postparto y representa el comienzo del periodo en el cual debe servirse la vaca, por lo tanto el mayordomo debe ser instruido para que todas las vacas sean servidas o inseminadas en el primer estro que se presente después del día 55 postparto. Y la tercera fecha se fija a los 85 días postparto, el último día en el cual la vaca debe concebir si se desea que su intervalo entre partos no sea mayor de 365 días.

Es necesario, además de la información sobre el parto, registrar las fechas de los celos, servicios y confirmación de preñez. A partir de las fechas de los partos registrados se calcula de manera retrospectiva la historia reproductiva del animal: IEP, días abiertos y tasas de natalidad. La elaboración de gráficas, como histogramas, curvas, etc., permiten visualizar las variaciones

que se presentan y correlacionarlas con aspectos sanitarios, nutricionales de manejo, ambientales, y otros.

LITERATURA CITADA

BLOXHAM, P.S. 1980. A bovine herd fertility scheme. *Veterinary Record* 107:558.

DISKIN, M.G.; SREENAN, J.M. 1980. Fertilization and embryonic mortality in beef heifers after artificial insemination. *Journal of Reproduction Fertility* 59(2):463-468.

EDDY, R.G. 1980. Analyzing dairy herd fertility. *In Practice* 2(3):25-30.

GRIFFITHS, I.B.; GALLEGO, M.I.; VILLAMIL, L.C. 1982. Factores de infertilidad y pérdidas económicas en ganado de leche en Colombia. Publicación ICA 00-2.294.82. p. 168.

RAMOS, J.I. 1980. Evaluación reproductiva del ganado lechero. *In Curso intensivo sobre avances en reproducción animal. [Memoria].* Medellín, Col., Colegio de Medicina Veterinaria y Zootecnia de Antioquia (Ed.). p. 126.

SREENAN, J.M.; DISKIN, M.G. 1983. Early embryonic mortality in the cow: Its relationship with progesterone concentration. *Veterinary Record* 112:517-521.

-
- URBINA, R.N. 1983. Aspectos prácticos de la fisiología del ordeño. In Manual de ganado lechero. Instituto Colombiano Agropecuario (Ed.). Publicación ICA 00-31-029-83. p. 43-51.
- VACCARO, L. 1986. Criterios de selección en bovinos de leche, carne, y doble propósito. In Producción de leche y carne en el trópico. S. Fernández-Baca (Ed.). Santo Domingo, República Dominicana, Centro Nacional de Investigaciones Pecuarias CENIP, Secretaría de Estado de Agricultura. p. 55-64.
- WEAVER, L.D. 1986. Evaluation of reproductive performance in dairy herds. The Compendium on Continuing Education 8(5):S247-S253.
- WHITAKER, D. 1980. A fertility control programme in dairy cows in new South Wales. British Veterinary Journal 136(3):214-221.
- WILLIAMSON, N.B. 1981. The use of records in reproductive health and management programs for dairy herds. The Veterinary Clinics of North America 3(2):271-287.

CAPITULO V

EVALUACION REPRODUCTIVA DE CAPRINOS Y OVINOS

Arturo A. Trejo González

*Universidad Nacional Autónoma de México
Cuautitlán, Izcali, 54700, Edo. México, México*

CAPITULO V

EVALUACION REPRODUCTIVA DE CAPRINOS Y OVINOS

Arturo A. Trejo González¹

INTRODUCCION

Los procesos reproductivos dentro del contexto de producción animal tienen relevancia fisiológica y económica; su medición resulta esencial para evaluar la habilidad productiva y reproductiva de los rebaños y para determinar cada uno de sus componentes. Existe infinidad de descriptores de dicha habilidad, generados en muy diversos lugares, y que se prestan a confusión para la interpretación de resultados. El presente trabajo documenta los principales estimadores de la eficiencia reproductiva en ovinos y caprinos, sus formas de estimación y algunos parámetros de referencia obtenidos en países de América Latina.

MEDIDAS DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN OVINOS Y CAPRINOS

Las medidas de la eficiencia reproductiva son iguales para ambas especies por lo que se analizarán en forma única. De

¹ M.V.Z., M.C. Profesor Titular de Reproducción Ovina y Caprina. Facultad de Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán, Izcalli, 54700, Edo. México, México.

acuerdo con Terril y Foote (1987) la medición tiene dos objetivos principales:

1. La correcta identificación y separación de los componentes fisiológicos de la reproducción así como su impacto, ya sea de forma directa o indirecta, sobre la eficiencia reproductiva.
2. Aportar estimadores que permitan identificar las respuestas de los mecanismos reproductivos a los fenómenos ambientales, incluyendo aquellos relacionados al manejo humano y su interacción con la genética.

La estimación de la eficiencia reproductiva resulta de una serie de ecuaciones que representan los diversos componentes del proceso reproductivo (De Alba 1964; Moule 1971; Terril y Foote 1987). La expresión de cada uno de los parámetros que se conceptualizan a continuación tiene que relacionarse y especificarse a un determinado período de tiempo.

Tasa de parición

Constituye una medida de la fertilidad del rebaño, considerando esta como la capacidad de un animal para concebir y producir crías (Winburne 1962), y se expresa en porcentaje mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de parición} = (\text{Hembras paridas} / \text{hembras expuestas}) \times 100$$

Las diferentes asociaciones de producción animal, como la asiática, la europea o la norteamericana, no se ponen de acuerdo sobre si el parto debe incluir crías vivas o puede referirse también

a crías expulsadas al final de la gestación pero muertas. Hay que mencionar que la importancia de esto depende de los objetivos de la evaluación ya que la muerte de crías puede ocasionarse por muy diversas razones; por ello, es importante que el autor de cada escrito mencione cómo y por qué fue considerada la medición.

Los componentes fisiológicos de la tasa de parición se expresan a continuación:

$$\text{Tasa de parición} = \frac{\text{hembras servidas}}{\text{hembras de rebaño de cría}} \times \frac{\text{hembras que conciben}}{\text{hembras servidas}} \times \frac{\text{hembras paridas}}{\text{hembras que conciben}}$$

El primer elemento discrimina la proporción de hembras que por alguna razón no presenta estro y por lo tanto el macho no copula con ellas. Para determinar la proporción de hembras servidas se requiere que los sementales dispongan de un sistema que permita marcar a la hembra que va montando, como pueden ser los petos de cuero con crayón o una mezcla de anilina y aceite limpio que se unte en el pecho del semental cada tercer día (el color puede ser cambiado dependiendo del largo del ciclo estral en cada especie, 16 días en ovinos y 21 días en caprinos, para identificar hembras que repiten servicio).

El segundo elemento, evalúa la proporción de hembras que logró desarrollar un embrión en relación al total de hembras servidas; el caso contrario es atribuido a fallas en la fertilización o en la implantación embrionaria.

El tercer elemento permite diferenciar los animales que culminan una gestación exitosa de aquellos que abortan a sus fetos.

Fecundidad

La fecundidad, a diferencia de la fertilidad, es definida como la capacidad de una hembra para reproducirse regular y fácilmente (Winburne 1962). El parámetro se expresa como el número de partos que una hembra presenta en un periodo dado.

$$\text{Fecundidad} = \frac{\text{No. de partos}}{\text{Hembras paridas}} \times 100$$

Prolificidad

Prolificidad o tamaño de camada es una medida del número de crías nacidas por cada hembra parida. Permite identificar la capacidad reproductiva individual y puede ser utilizada como base para programas de selección con el fin de mejorar la eficiencia reproductiva. A continuación se presentan los diversos componentes biológicos que la determinan:

$$\frac{\text{Ovocitos producidos}}{\text{Hembras paridas}} \times \frac{\text{Ovocitos fertilizados}}{\text{Ovocitos producidos}} \times \frac{\text{Embriones implantados}}{\text{Ovocitos fertilizados}} \times \frac{\text{Crías nacidas}}{\text{Embriones implantados}}$$

La tasa ovulatoria (ovocitos producidos/hembra) se mide contando los cuerpos lúteos o puntos de ovulación presentes en el ovario, pero para ello se requiere de técnicas especiales como laparotomía o laparoscopia, las cuales deben ser incluidas en algunos trabajos experimentales. Esta tasa determina la capacidad máxima de reproducción de una hembra.

El segundo elemento estima el porcentaje de fertilización de los ovocitos producidos y para su medición se utilizan técnicas de cirugía y lavado de oviductos para recuperar y observar los ovocitos (no fertilizados) o los cigotos (fertilizados). Este elemento es un indicador indirecto de calidad seminal.

El tercer elemento es un indicador del porcentaje de mortalidad embrionaria temprana. La mayor cantidad de muertes embrionarias ocurre al momento de la implantación, el cual coincide con la formación de la placenta, 22 días después del apareamiento, en ambas especies. Si se conoce el porcentaje de fertilización de ovocitos de un grupo de animales se puede, con otro grupo de similares características y condiciones, estimar la mortalidad embrionaria midiendo la tasa ovulatoria menos los embriones implantados, menos los ovocitos no fertilizados.

El cuarto elemento está determinado por la proporción de abortos en el rebaño.

Tasa de natalidad

El parámetro relaciona la cantidad de crías nacidas en un período determinado con el total de hembras expuestas al macho y se expresa en porcentaje. Dada la posibilidad de partos gemelares en estas especies su valor puede ser superior al 100 por ciento.

$$\text{Tasa de natalidad, \%} = \frac{\text{Crías nacidas}}{\text{Hembras del rebaño expuestas al macho}} \times 100$$

Este parámetro constituye la base para calcular la mortalidad de animales lactantes y estima la eficiencia biológica del proceso reproductivo dado que resume los indicadores anteriores: parición, fecundidad y prolificidad.

$$\text{Tasa de natalidad} = \frac{\text{Hembras paridas}}{\text{Hembras del rebaño}} \times \frac{\text{No. partos}}{\text{Hembras paridas}} \times \frac{\text{Crías nacidas}}{\text{No. partos}}$$

|
|
|
 Parición Fecundidad Prolificidad

Tasa de destete

Con fines prácticos, se puede considerar que con el destete termina un ciclo reproductivo ya que a esa edad se pueden vender las crías, razón por la cual la proporción de crías destetadas representa un valor de gran importancia para evaluar la eficiencia productiva del rebaño:

$$\text{Tasa de destete, \%} = \frac{\text{No. de crías destetadas}}{\text{Hembras expuestas al macho}} \times 100$$

Cada uno de los componentes implicados en el proceso se anotan a continuación:

$$\text{T. destete} = \frac{\text{Hembras paridas}}{\text{Hembras de cría}} \times \frac{\text{No. partos}}{\text{Hembras paridas}} \times \frac{\text{Crías nacidas}}{\text{No. partos}} \times \frac{\text{Crías destetadas}}{\text{Crías nacidas}}$$

|
|
|
|
 Tasa de parición Fecundidad Prolificidad Tasa de supervivencia

Intervalo entre partos

Es el período transcurrido entre dos pariciones sucesivas y determina el largo de los ciclos reproductivos; se ha establecido que un intervalo de ocho meses, es una meta alcanzable en estas especies (Hulet 1979). Este parámetro tiene mayor relevancia en los caprinos productores de leche, debido a las características fisiológicas que determinan el perfil de la curva de lactación.

El intervalo entre partos tiene dos componentes fundamentales, (1) la gestación, la cual es constante entre 143 y 155 días en ambas especies, y (2) los días abiertos, período que transcurre desde el parto hasta una nueva gestación.

El período de días abiertos tiene una duración variable en la que intervienen múltiples factores que afectan los diversos componentes:

- *Involución uterina.* Es un fenómeno fisiológico que limita la posibilidad de una nueva gestación y cuya duración es de 30 a 35 días en ovinos y caprinos.
- *Anestro por lactación.* Después del parto y cuando se inicia la lactación y el amamantamiento se activa un mecanismo hormonal que bloquea la ovulación. Este anestro es proporcional al número de crías amamantadas, ya que los estímulos sobre el pezón determinan la secreción de prolactina y el bloqueo de la ovulación.
- *Primer estro postparto.* Se presenta en cabras y ovejas después del fenómeno conocido como ovulación silenciosa, la cual se asocia a una baja de progesterona circulante.

Teóricamente, existe la posibilidad de adelantar la fecundación postparto pero aún no se ha desarrollado la tecnología adecuada. No todas las hembras quedan gestantes en su primer apareamiento postparto, siendo necesario esperar hasta tres o cuatro ciclos estrales sucesivos para lograr una gestación. A medida que aumenta el número de hembras que quedan gestantes en los primeros estros postparto, menor será el intervalo entre partos promedio para el rebaño. La duración del ciclo estral de las cabras es de 21 días (18-22) en promedio y de las ovejas 16 días (14-29). El estro tiene una duración promedio de 36 horas y la ovulación se presenta hacia el final del mismo; la ruptura del folículo ocurre un poco más tarde en las cabras que en las ovejas (Hulet y Shelton 1984; Trejo 1986b).

Los mecanismos y niveles hormonales durante el ciclo estral se pueden resumir de la siguiente manera: Las gonadotropinas FSH y LH se elevan durante el proestro para madurar los folículos y permitir la liberación de los ovocitos. Los niveles máximos de FSH y estrógenos se presentan el día del estro y estimulan el pico preovulatorio de LH. Los niveles plasmáticos de progesterona se elevan durante el metaestro, correspondientes al crecimiento de los cuerpos lúteos, y se mantienen relativamente constantes durante el diestro para decrecer rápidamente en el proestro, permitiendo un nuevo crecimiento folicular y un aumento en la secreción de estrógenos.

Vida útil

El tope reproductivo de los ovinos y caprinos se encuentra generalmente entre los seis y siete años (Shelton 1961; De Alba 1964), edad a partir de la cual el porcentaje de parición y el tamaño de la camada comienzan a decrecer. El inicio de la actividad reproductiva o pubertad, está influenciada por varios factores entre los que se destaca el peso del animal (40-60% del peso adulto), determinado por el nivel de nutrición y los niveles hormonales.

La vida útil de un animal determina además el progreso genético en un programa de mejoramiento; independientemente de la heredabilidad de la característica a seleccionar y del diferencial de selección, habrá mayor avance genético mientras más jóvenes sean los padres. Por consiguiente, en un programa de mejoramiento genético debe lograrse la pubertad lo más temprano posible y evitar mantener una proporción alta de hembras de edad avanzada. En ovinos y caprinos, es posible eliminar del 20% al 25% de hembras adultas cada año y reponerlas con primas, siguiendo como criterios de eliminación (1) la capacidad productiva, (2) la eficiencia reproductiva (en dos años sucesivos), y (3) la edad.

Producción por ciclo reproductivo

Una manera indirecta de medir el equilibrio entre eficiencia reproductiva y mejoramiento genético es la producción, sea de leche, carne o fibras, en un ciclo reproductivo. Se consideran valores de corrección para hacer equivalentes los diversos productos mencionados.

Índice de fecundidad por vida útil

Moule (1971), propone la siguiente ecuación para estimar la capacidad reproductiva de una hembra a lo largo de su vida útil:

$$\text{Fecundidad por vida útil} = \frac{N \times K}{(A + K) - a}$$

Donde:

N = Total de crías nacidas vivas

K = Intervalo promedio entre partos

A = Edad al último parto en días

a = Edad al primer parto en días

Este índice facilita la selección o descarte de hembras según su capacidad reproductiva total. La presente expresión matemática tiene importancia cuando se investiga o se implementan programas de mejoramiento reproductivo.

ASPECTOS QUE LIMITAN LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN LA HEMBRA

A continuación se describen los principales aspectos que limitan la reproducción de ovinos y caprinos y que pueden servir como pauta para los diseños experimentales, tomando en cuenta que los grupos de animales bajo experimentación deben estar sometidos a las mismas condiciones de manejo, incluyendo instalaciones y alimentación. Con relación al tamaño de la

muestra, debe considerarse que para medir tasa de parición y prolificidad, cada tratamiento debe tener al menos treinta animales.

Presentación de la pubertad

Ovinos

Es conocido que la pubertad en los ovinos depende del peso del animal, pero también se ve afectada por la raza, el clima y la estación. Se han encontrado correlaciones entre el peso al nacer y al destete con el peso a la pubertad, siendo también de importancia la época de nacimiento, la cual se asocia con la estación y la disponibilidad de alimento. González (1983) menciona que una cría simple alcanza la pubertad a una edad 19% menor que una cría doble, 262 y 312 días respectivamente (Cuadro 1). En el mismo cuadro se presentan algunas edades y pesos a la pubertad en América Latina y se puede contrastar la diferencia entre 226 días como mínimo y 400 días como máximo para la raza Pelibuey y de 262 días mínimo a 491 máximo para la raza West African bajo diferentes condiciones.

Caprinos

Al igual que en los ovinos, la edad a la pubertad se ve afectada primordialmente por el peso vivo que es resultado directo de la alimentación, llegando a la pubertad cuando alcanzan del 60 al 70% de su peso vivo adulto (Shelton 1978); también influyen la raza, el tipo de parto y la estación del año. En general, las cabras sin control reproductivo se aparean en su primer estro con pesos muy bajos lo que atrasa su crecimiento y vida productiva, teniendo además crías muy pequeñas que generalmente se mueren.

Cuadro 1. Edad y peso a la pubertad en ovinos.

Autores	Raza	Edad, días	Peso, kg	Observaciones
González (1983) VENEZUELA	West African	262 312 305 262	21.0 22.0	Cría única Crías dobles Pastoreo 8 horas Pastoreo + suplemento
González (1983) VENEZUELA	West African	442 ² 463 ² 491 ² 427 ²		Nacidos en primavera Nacidos en verano Nacidos en otoño Nacidos en invierno
Fuentes (1983) ¹ CUBA	Pelibuey	226 237	31.0 28.0	Cría única Crías dobles
Figueiredo <i>et al.</i> (1983) ¹ BRASIL	Morada Nova Santa Ines Somalie Bras.	214 220 284	21.0 29.0 20.0	Pastoreo 7 horas Pastoreo 7 horas Pastoreo 7 horas
Valencia (1985) MEXICO	Pelibuey	300 a 400		
Rodríguez <i>et al.</i> (1985) MEXICO	Pelibuey	303 a 341		
Lizárraga <i>et al.</i> (1989) MEXICO	Black Belly	322	22.9	Servidas al primer estro
Velazco <i>et al.</i> (1990) MEXICO	Pelibuey	231	28.8	
Osorio <i>et al.</i> (1990) MEXICO	Rambouillet Suffolk	551 554	39.9 43.0	

¹ Datos y referencias citados por González (1983).

² Edad al primer parto.

La mayoría de las razas caprinas europeas presentan la pubertad entre los cinco y diez meses de edad (Riera 1982). En Venezuela, González (1983) menciona que bajo condiciones de

explotación extensiva las cabras criollas presentan el primer estro de los 10 a 14 meses con un peso de 22 a 26 kg. Con alimentación controlada, Pérez *et al.* (1987) en México lograron el primer estro entre los ocho y nueve meses de edad con pesos de 30.6 kg, mientras que en Brasil la raza Moxoto presenta la pubertad a los 13-14 meses con pesos de 13.2 kg (Cuadro 2). Los datos señalan claramente el efecto del sistema de explotación sobre el inicio de la actividad reproductiva.

Cuadro 2. Edad y peso a la pubertad en caprinos.

Autores	Raza	Edad, días	Peso, kg	Observaciones
González (1983) VENEZUELA	Criollas	300-420	22 - 26	Cría extensiva
Simplicio <i>et al.</i> (1981) ¹ BRASIL	Moxoto Nativas	414 390-420	13.2 12-13	Cría extensiva Cría extensiva
Pérez <i>et al.</i> (1987) MEXICO	Alpina	265 266	30.6 23.3	Nutrición alta Nutrición baja
Ramírez <i>et al.</i> (1987) MEXICO	Criollas encastadas de Nubia	188 190-195	16.4 16.5-17.5	

¹ Datos y referencia citados por González (1983).

Soto (1984) señala que para las razas de estacionalidad definida, la época del año tiene importancia debido a que aunque las hembras tengan la edad y peso vivo adecuados para la aparición de la pubertad, esta no se inicia hasta que llegue la estación de cría. Ramírez *et al.* (1987) encontraron que, en cabras

Criollas y encastadas 1/2 y 3/4 de Alpina, el 87%, 86% y 73%, respectivamente, presentaron su primer estro en el primer otoño.

El clima y la presencia del macho pueden modificar, aunque en menor grado, la aparición de la pubertad.

Estación de cría restringida

La respuesta estacional que presentan los ovinos y los caprinos se debe a la duración de horas luz (largo del día), lo que hace que en países con estaciones exista una época del año en que no se reproducen. Aunque el límite biológico permite hasta cinco crías por parto y diez por año, se logra una producción de sólo 1.5 crías por parto y por año.

La estación de cría restringida, además de ser atribuida al fotoperiodo, puede estar confundida con efectos tales como la alimentación y condiciones climatológicas (temperatura, humedad, etc.), razón por la cual los trabajos de investigación deben tratar de separarlas. La estación de cría afecta no solamente la manifestación de estros, sino también la tasa de parición, la tasa ovulatoria, la mortalidad de crías, el crecimiento de las crías y otros factores que repercuten sobre el porcentaje de crías destetadas.

Ovinos

En el Cuadro 3, se presenta información acerca de la influencia que la estacionalidad tiene sobre algunos parámetros reproductivos de los ovinos; se aprecia que casi todas las razas explotadas en América Latina muestran cierto grado de

estacionalidad, afectando no solamente la manifestación de estros. González (1983), en Venezuela, encontró que la tasa de parición y la prolificidad se alteraron ($P < 0.05$) en la época de lluvias con respecto a la época seca, debido, probablemente, a la disponibilidad y calidad nutritiva de los forrajes. García *et al.* (1985), por su parte, encontraron un efecto estacional sobre la aparición de la pubertad, dependiendo de la época de nacimiento. De Lucas *et al.* (1983) y Trejo *et al.* (1990), al trabajar en diferentes centros y con diferentes razas, encontraron efectos estacionales en el Criollo y el Pelibuey que han sido consideradas tradicionalmente como razas no estacionales; sin duda, deben ser consideradas como razas de estación de cría larga, junto con la Rambouillet. Las otras razas estudiadas por De Lucas (*Op cit.*), la Suffolk, la Romney Marsh y la Corriedale tienen estación de cría más restringida, entre 123 y 148 días.

Cuadro 3. Algunos efectos de la estación de cría restringida en ovinos.

Autor	Raza	Valores	Estación
Período de cría, días De Lucas <i>et al.</i> (1983) MEXICO	Rambouillet Criolla Romney Marsh Corriedale Suffolk	209.86 205.66 148.08 131.57 123.55	
Porcentaje de parición Martínez <i>et al.</i> (1984) ¹ MEXICO	Corriedale	80% Primelas 87% Adultas 79% Primelas 89% Adultas	Verano Verano Otoño Otoño
González (1983) VENEZUELA	West African	94.3 80.5	Lluvias Seca

...Cont.

Cuadro 3. Cont...

Autor	Raza	Valores	Estación
Prolificidad, crías/parto González (1983) VENEZUELA	West African	1.04 corderos 1.17 corderos	Lluvias Seca
Peso a la pubertad, kg García <i>et al.</i> (1984) ¹ MEXICO	Suffolk	36.7 machos 29.0 machos 37.3 hembras 28.4 hembras	Nacim. otoño Nacim. invierno Nacim. otoño Nacim. invierno
Mortalidad corderos, % Cuéllar y Muñoz (1986) MEXICO	Criolla	15.7 – 25.5 > 69.0	Nacim. nov. y dic. Nacim. feb.-junio
Presentación de estros en ovejas adultas, % Urrutia (1989) MEXICO	Rambouillet	0.5 17.4 29.0 84.1 95.6	Mayo Junio Julio Agosto Septiembre
Estros con machos todo el año, % Torres (1983) ¹ MEXICO	Corriedale		Estación de cría agosto a enero
Trejo <i>et al.</i> (1990) MEXICO	Pelibuey	17.2 32.0 61.3 3.2 0.0	Primavera Verano Otoño Invierno Enero y febrero

¹ Datos y referencias citados por Trejo (1988).

Cuéllar y Muñoz (1986) encontraron un efecto estacional en la mortalidad de corderos por la época de nacimiento.

Caprinos

- Anestro profundo: se presenta reducción del número total de folículos de 25, en cabras ciclando, a 13 en promedio para las cabras en anestro, disminuyendo también el diámetro de estos folículos.
- Anestro superficial: se presenta en la transición del anestro profundo a la estación de cría y se caracteriza por un aumento en la frecuencia de folículos de más de 6 mm (Pretorius 1971).

Las cabras son consideradas como animales de día corto, ya que su mayor actividad reproductiva la presentan cuando los días se van acortando. Shelton y Spiller (1977) y Pérez *et al.* (1987), coinciden en señalar que la presentación de estros se inicia en el mes de junio en el hemisferio norte, cuando el fotoperíodo comienza a disminuir, pero igualmente va paralelo a un aumento en la disponibilidad de forraje, por lo que es difícil separar exactamente el factor luz del factor peso. Trejo y Pérez (1987) y Ríos *et al.* (1987), sugieren que el estudio de los factores estacionales debe ampliarse a plazos mayores de dos años e incluso hasta cinco y 10 para eliminar otros efectos propios de cada año que pueden estar afectando la estacionalidad antes de poder afirmar el peso real de cada variable. La mala nutrición y la exposición prolongada a temperaturas elevadas puede llevar al animal al anestro total.

Mortalidad embrionaria

No se encontró información sobre mortalidad embrionaria temprana en ovinos y caprinos bajo las condiciones de América Latina. Trejo y Pérez (1987) mencionan que la tasa ovulatoria no varió significativamente a lo largo del año, siendo su rango de 1.3 a 1.6; otros datos disponibles de tamaño de la camada presentan un rango de 1.17 a 1.60 (Castillo *et al.* 1987 y Pérez *et al.* 1982). Si estos datos fueran extrapolables las pérdidas por cabra parida serían del orden de 0.13 a 0.43 cabritos por cabra parida, que pueden parecer datos sin importancia, sin embargo en un rebaño de cien cabras por ejemplo, se traduce en 13 a 43 cabritos por parición, lo cual no es nada despreciable para los criadores. Los principales factores que afectan esta mortalidad embrionaria temprana son la temperatura ambiental y el nivel de nutrición de la cabra antes del apareamiento.

Supervivencia del nacimiento al destete

Constituye el factor que más afecta la producción ovina y caprina, por lo que el manejo de las hembras recién paridas y sus crías debe ser mejorado para reducir las pérdidas perinatales que van desde una semana antes hasta una semana después del parto.

Ovinos

En el Cuadro 4 se presentan algunos porcentajes de mortalidad hasta el destete, concentrándose la mayor parte entre el nacimiento y la primera semana de vida.

Cuadro 4. Porcentajes de mortalidad de corderos del nacimiento al destete.

Autor	Raza	Mortalidad 1a. semana	Mortalidad 2a. semana	Mortalidad total
Torres (1983) ¹ MEXICO	Corriedale	---	---	47, 32, 15 ^a
Trejo <i>et al.</i> (1984) ¹ MEXICO	Suffolk	4.6, 24.5 ^b	2.6	---
Soto <i>et al.</i> (1984) ¹ MEXICO	Rambouillet	9.5	3.5	---
Heredia <i>et al.</i> (1985) ¹ MEXICO	Pelibuey	---	---	33.3, 4.2 ^c
Cuéllar y Muñoz (1986) MEXICO	Criolla	---	---	38.6
Trejo <i>et al.</i> (1988) ¹ MEXICO	Lincoln	27.0	---	---
Pastrana <i>et al.</i> (1983) ² COLOMBIA	Rojas Colombia			33.3-4.2 ^c
Valencia y González (1983) MEXICO	Black Belly		14.8 50.5 75.0 53.0	45.8 Una cria Dos crías Tres crías Cuatro crías
Reyes y Trejo (1991) MEXICO	Suffolk	21.0, 1 cria 28.5, 2 crías		
Gonzalez (1983) VENEZUELA	West African	8.3	---	24.8

¹ Datos y referencias citados por Trejo (1988).

² Datos tomados de González (1983).

^a Diferentes años

^b Diferentes explotaciones y años

^c Diferente condición física de las ovejas

Hay una alta correlación entre el peso al nacer y la supervivencia y entre el número de crías y la mortalidad, por competencia de alimentos (Cuadro 4). La principal causa de muerte en la primera semana es la privación del calostro y resultante inanición o por falta de un lazo de reconocimiento entre madre y cría.

Caprinos

Souza *et al.* (1987) encontraron una mortalidad de 0% en la época de lluvias y 16.9% en la época seca. Según García y Gall (1981) las cabras nativas tienen mayores posibilidades de supervivencia en condiciones difíciles, como las tropicales. González (1983) halló mortalidades al destete del 33% al 66% de cabritos de razas puras, 16% en cabras Criollas y 16% a 42% en Criollas encastadas de razas puras (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentajes de mortalidad de cabritos del nacimiento al destete.

Autor	Raza	Mortalidad 1a. semana	Mortalidad al destete
Pérez <i>et al.</i> (1982) MEXICO	Lecheras	4.5	---
González <i>et al.</i> (1983) VENEZUELA	Puras Criollas Criollas x Puras		37 - 66 16 16 - 42
Souza <i>et al.</i> (1987) BRASIL	Caninde (lluvias) (seca)		0.0 16.9
Monjás y Díaz (1988) MEXICO	Mestizas	3.0	7.2
Morhand-Ferh (1987) FRANCIA	Lecheras (No. cabritos) 1 (19%) 2 (59%) 3 (20%) >4 (2%)	3.5 2.1 7.9 23.0	9.4 6.6 16.0 25.0

Los factores que afectan la supervivencia al nacimiento se pueden encontrar confundidos en la práctica; Sherman (1987) los desglosa de la siguiente manera:

- **Peso del cabrito al nacer.** Los cabritos mas vigorosos tienen mayores probabilidades de mamar el calostro y sobrevivir. El peso de ellos al nacer depende del nivel de nutrición de la madre en el último tercio de la gestación y del tamaño de la camada.
- **Edad de la madre.** Las cabras de mayor edad crían más cabritos y de mayor peso, les transmiten mejor inmunidad y tienen una mayor producción de leche hasta los cuatro ó cinco años de edad.
- **La distocia causa pérdidas de crías** ya que aumentan los casos de asfixia durante la labor del parto.
- **Instinto materno.** Morhand-Ferh (1987) menciona que el abandono de crías en las cabras es poco frecuente. Sin embargo, se recomienda crear un ambiente de mucha tranquilidad al parto, en algún área restringida y bajo discreta atención humana.
- **Factores climáticos que incrementan problemas respiratorios.**
- **Depredación, principalmente por perros domésticos.**

Capacidad reproductiva postparto e intervalo entre partos

Los principales factores que modifican el período postparto se pueden agrupar en: lactación, involución uterina, nutrición, época de parto, raza y edad.

Ovinos

Aunque se menciona que se pueden presentar estros tan pronto como 17 días postparto, González (1983) señala el período de 45 a 60 días postparto como el más adecuado para mejorar la eficiencia reproductiva ya que períodos menores a 45 días se relacionan con bajos porcentajes de parición y fecundidad.

Las ovejas en el anestro postparto presentan niveles bajos de LH y niveles elevados de prolactina y oxitocina (Trejo 1978; Valencia *et al.* 1990), relacionados con el número de crías y la intensidad del amamantamiento. Se ha establecido que los corderos acuden a las madres para amamantarse de 10 a 12 veces al día; las borregas secas presentan un intervalo parto-concepción de 59 días, mientras que las que amamantan uno o dos corderos tardan 74 y 103 días, respectivamente (González 1983). En ovejas West African, con uno, dos o tres corderos, se reduce el porcentaje de parición en 94%, 91.6% y 83% (González 1983).

Si se controla el amamantamiento y el destete es posible reducir el intervalo entre partos. Contreras *et al.* (1989) encontraron 58, 70 y 85 días del parto al primer estro en ovejas destetadas a las 72 horas, con amamantamiento controlado dos veces al día durante 45 días, y con amamantamiento libre durante 45 días, respectivamente. Valencia *et al.* (1990) encontraron 49,

76, 84 y 98 días del parto al primer estro destetando borregas Pelibuey a los 30, 60, 90 y 120 días, respectivamente; si bien se trata de promedios, la tendencia es a encontrar un efecto más importante destetando temprano en la lactación. Sin embargo, parece existir una importante interacción con el nivel de alimentación o con la raza dado que Monroy *et al.* (1990) no encontraron disminución del intervalo entre partos ($P>0.05$) con hembras encastadas de Suffolk en el altiplano mexicano cuando destetaron a 60, 90, 120 y 150 días, en animales con alimentación adecuada.

Para la raza Pelibuey, Trejo *et al.* (1990) mencionan cierta estacionalidad para el intervalo entre partos, siendo de 236 días en las paridas de febrero a abril (primavera) y de 317 en las paridas en noviembre (invierno), en ovejas con alimentación controlada.

Gómez de la C. *et al.* (1990) mencionan que en un rebaño con monta continua, la alimentación fue el factor más importante para reducir el intervalo entre partos, con un rango de 222 a 258 días ($P<0.01$).

Caprinos

El efecto del anestro estacional y el nivel de nutrición sobre el intervalo entre partos tiene mayor importancia en cabras lecheras, por la relación entre la fisiología reproductiva y glándula mamaria. La lactación y el amamantamiento atrasan la primera ovulación y el primer estro postparto, debido a los siguientes factores, según Edgerton (1980), citado por Valencia *et al.* (1990):

- El alto aporte sanguíneo a la glándula mamaria reduce la irrigación del aparato genital.

- El metabolismo de las hormonas gonadales y adrenales en el tejido mamario puede interferir sobre los mecanismos endocrinos esenciales para la reproducción.
- La prolactina y la oxitocina liberadas durante el amamantamiento o la ordeña pueden inhibir la función ovárica y/o la función hipofisaria.
- Las interacciones sociales asociadas con la lactación y el amamantamiento pueden retrasar el restablecimiento de los ciclos estrales.

El intervalo entre partos está asociado de manera inversa al nivel de producción láctea. González (1983) señala intervalos entre partos de 348, 266, 96 y 63 días para cabras de alta, media y baja producción de leche y cabras secas, respectivamente. Sin embargo, tiene una relación directa con el tamaño de camada; las cabras secas presentaron 1.43 cabritos por parto y aquellas que producían más de 600 g leche/día presentaron 1.54 ($P < 0.05$).

Lawson *et al.* (1983) describen que el amamantamiento controlado de los cabritos (acceso a la ubre una hora diaria) después del día 30 postparto incrementa el porcentaje de cabras en estro de 47% a 71% y aumenta el porcentaje de parición de 24.4% a 46.8 por ciento.

La edad de destete afecta el comportamiento reproductivo; cabras que lactan menos tiempo presentan menores intervalos parto-primero estro, intervalos entre parto y mejor fertilidad, pero menor tamaño de la camada (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto de diferentes edades al destete (semanas) sobre el estro postparto, intervalo entre partos, fertilidad y prolificidad en cabras criollas en Venezuela.

	Edad al destete de los cabritos, semanas			
	Nacimiento	3 a 9	9 a 12	12 a 16
Primer estro postparto, días	42.6	73.5	98.1	136.0
Intervalo entre partos, días	209.0	237.0	265.0	307.0
Fertilidad, %	86.8	81.3	74.0	69.1
Prolificidad, corderos/parto		1.37*		1.56

* $P < 0.05$
González (1983).

ASPECTOS QUE LIMITAN LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN EL MACHO

En los ovinos y caprinos, donde el macho se apareja simultáneamente con varias hembras, es de mucho interés tener algunos métodos para estimar la fertilidad masculina por su repercusión en el comportamiento del rebaño. Los principales factores involucrados son la capacidad de monta o libido y la cantidad y calidad del semen. Moule (1971), propone la siguiente fórmula para evaluar la fertilidad del macho:

$$\text{Fertilidad masculina} = \frac{\text{Hembras gestantes}}{\text{Hembras montadas}} \times 100$$

Presentación de la pubertad

Existen diversos criterios para definir la pubertad, presentándose confusión con la edad apta para el servicio. Esta última, cuando el eyaculado tiene una calidad adecuada para el apareamiento, tiene una alta correlación con edad y peso. La pubertad, inicio de la actividad sexual, parece tener una alta heredabilidad, razón por la cual se puede seleccionar genéticamente.

La información de Salazar *et al.* (1987) indica que mientras la actividad sexual en los cabritos se inició aproximadamente a los 100 días de edad, el eyaculado alcanzó una calidad adecuada para el apareamiento sólo alrededor de los 230 días de edad. En corderos Pelibuey, Valencia *et al.* (1975) encontraron que el primer espermatozoide apareció en el eyaculado a los 208 días de edad con 20 kg de peso, mientras que eyaculados con $2-3 \times 10^9$ espermatozoides/ml se obtuvieron a los 274 días de edad y 23 kg de peso.

Manifestación de la libido y calidad seminal

En los carneros adultos existe una variación estacional en la libido que se manifiesta con pocas montas durante la primavera y el verano para incrementarse en el otoño (Trejo 1990). La calidad seminal varía a lo largo del año; Mies Filho *et al.* (1979) encontraron 71.4% de anomalías espermáticas en invierno y 13.2% en otoño. Da Costa (1982) encontró reducida la motilidad progresiva en los meses de más calor y menciona un efecto confundido entre el fotoperiodo y la temperatura.

Poco se conoce sobre los aspectos reproductivos de los machos caprinos adultos bajo las condiciones de América Latina. La nutrición es especialmente importante en la producción seminal, por lo que los machos deben ser suplementados antes del empadre. También se ha demostrado el efecto del fotoperiodo sobre la libido y calidad del semen. Gómez (1986) al trabajar con tres razas caprinas, incluyendo la Criolla, encontró una variación estacional tanto para la libido como para la calidad del semen, siendo la época más favorable de marzo a mayo (primavera), bajo condiciones de alimentación constante; sin embargo, la calidad del semen en otras épocas no parece comprometer la fertilidad del macho si se maneja en una proporción de 1:30 machos:hembras.

MANIPULACION DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA

Inducción del estro

Para reducir el intervalo entre partos, o modificar la temporada de apareamiento (ya sea para obtener partos en épocas del año diferentes a la estación o partos todo el año para mantener constante la producción de leche) es necesario inducir la actividad ovárica cuando no está funcionando el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal.

Los principales factores causantes de anestro son la estación, la lactación y la hiponutrición, por lo que se requiere de estímulos exógenos como adecuada nutrición combinada con el efecto macho y/o el control del fotoperiodo y/o la aplicación de hormonas (Trejo 1986a).

Inducción del estro mediante el efecto macho. El efecto macho es la inducción de la ovulación provocada por chivos y carneros cuando se juntan con las hembras después de largos períodos de separación; este fenómeno no se manifiesta cuando ambos sexos se mantienen juntos durante todo el año.

En los ovinos, el estro después de la inducción de los machos se presenta entre 11 y 25 días; los machos inducen una ovulación sin signos de estro en las primeras 40 horas y el cuerpo lúteo resultante sufre una regresión prematura, iniciándose de inmediato un nuevo ciclo. Las feromonas producidas por el semental desaparecen en machos castrados, pero reaparecen cuando estos se tratan con andrógenos o bien con estrógenos. Con este tratamiento se ha logrado la ovulación entre 18% y 61% de las ovejas.

En las cabras, el estro se presenta entre los cinco y 15 días después de la introducción del macho y cabe esperar que entre el 20% y el 30% de las cabras presenten estro por día. El primer estro inducido por los machos suele tener un bajo porcentaje de parición (6-33%), según el grado de actividad de los ovarios, siendo mejor en el anestro tardío o transición a la estación reproductiva; por ello se recomienda que durante los primeros 30 días se usen machos celadores vasectomizados o con el pene desviado; el siguiente ciclo estral presenta un porcentaje de parición normal y se pueden utilizar los sementales.

Control del fotoperíodo. Cuando las hembras se someten a cambios bruscos de luz puede inducirse la ovulación. Gómez y Trejo (1986) obtuvieron 97% vs. 68% de ovejas en estro y 70% vs. 41% de partos cuando se redujo el fotoperíodo natural de 13 horas luz a ocho. En otros trabajos se ha mejorado el porcentaje de

parición de 25% a 55% cuando se alargaron los días artificialmente 20 horas, contra el fotoperiodo natural durante dos meses.

En cabras, el control del fotoperiodo se ha probado en pequeña escala alojando a los animales en locales cerrados o controlando la salida de las cabras al pastoreo. Se han conseguido 79% de ovulaciones y 53% de pariciones, mientras que en grupos controles no hubo cabras con ovulación o parto; sin embargo, este tipo de alojamiento cerrado es insalubre.

Aplicación de hormonas. El uso de progestágenos y gonadotropinas ha sido un método ampliamente utilizado para realizar empadres fuera de la estación reproductiva. Estos progestágenos son aplicados por periodos de nueve a 14 días en las ovejas y de 11 a 21 días en las cabras en esponjas vaginales o mediante implantes subcutáneos. La gonadotropina de elección ha sido la del suero de yegua gestante (PMSG) debido a que, por su gran vida media, requiere una sola aplicación de 400 a 700 Unidades Internacionales (UI); de esta manera, además de inducir la ovulación, aumenta la tasa ovulatoria.

En las ovejas, la PMSG se inyecta al retirar las esponjas o los implantes. El incremento en la producción de corderos por oveja parida es de 1.20 a 1.92, con 500 UI de PMSG. El efecto logrado es de 80% en ovejas secas y de 53% en lactantes. Trejo *et al.* (1991) lograron porcentajes de parición del 47%, 71% y 76% con dosis de 300, 400 y 500 UI de PMSG en ovejas Pelibuey al momento del destete y fecundidad de 76%, 114% y 135%, respectivamente; el intervalo entre partos se redujo en 40 días.

En caprinos, la PMSG se aplica 48 horas antes de retirar el implante o la esponja. Entre el 50% y el 100% de animales entran

en estro, pero el porcentaje que llega al parto es sólo de 40 a 80 por ciento. Esta diferencia se atribuye a (1) la formación de cuerpos lúteos hipofuncionales, (2) transporte espermático reducido en la hembra y (3) medio ambiente uterino alterado, que provoca mortalidad embrionaria.

Durante la lactancia estos tratamientos han sido menos efectivos ya que se encuentran confundidos el efecto del anestro estacional y el anestro lactacional.

Se ha observado que la glándula pineal es el sitio del organismo donde se produce la mayor cantidad de la hormona melatonina, la cual participa en el control estacional de la actividad reproductiva, sin ser el principal determinante de estos efectos. La melatonina puede ser más efectiva que los tratamientos basados en progestágenos-gonadotropinas ya que actúa a niveles superiores en el sistema nervioso central, no afectando en forma directa al aparato genital femenino. Márquez *et al.* (1985) administraron a ovejas Corriedale con 3 mg/animal/día durante 87 días, logrando inducir el estro al 84% de ellas, comparado con 43% en aquellas con fotoperiodo controlado y 0% del grupo control con fotoperiodo natural al final del invierno y el inicio de la primavera.

Con 3 mg/animal/día de melatonina durante 74 días, Contestabile *et al.* (1985), lograron inducir el estro en el 92% de las cabras hembras Alpinas contra el 53% de las hembras control.

Modificación del ciclo estral

La sincronización del estro, para facilitar programas de inseminación artificial y lograr grupos uniformes de crías se logra mediante tratamientos hormonales.

Para sincronizar el estro con progestágenos y gonadotropinas, se sigue un proceso similar al de la inducción pero el mecanismo fisiológico es diferente; la aplicación bloquea la secreción de FSH y LH retrasando el proestro. Al retirar la fuente de progesterona, se liberan estas hormonas madurando folículos simultáneamente en los animales tratados. Se puede prescindir de la PMSG o aplicarla en dosis menores (300 a 400 UI) al retirar la esponja o el implante, tanto en ovinos como en caprinos.

La prostaglandina F2a es producida en el endometrio de la oveja en forma natural hacia los días 13 a 16 en el ciclo estral y en los días 17 a 21 en la cabra y es responsable de destruir el cuerpo lúteo en estas especies. Por estas razones puede utilizarse para adelantar el proestro, sincronizando de esta manera el estro.

Cuando a las ovejas se les inyecta prostaglandinas exógenas, encontrándose en la fase de diestro (días 4 a 14 del ciclo), se ha observado regresión del cuerpo lúteo y disminución en la progesterona circulante; esto resulta en la iniciación inmediata de la fase de proestro y la manifestación del estro 38 horas después. Como la prostaglandina destruye solamente los cuerpos lúteos del diestro, solo es posible sincronizar del 60% al 70% de las ovejas en el rebaño; el restante 30% a 40% corresponde a los animales en metaestro, proestro y estro, por lo que para sincronizar al 100% de las hembras se requieren dos inyecciones con una diferencia de nueve a 10 días.

En los caprinos, la fase de diestro se extiende del día 7 al 17 del ciclo aproximadamente y para lograr la sincronización total la diferencia entre las dos inyecciones debe ser de 10 a 12 días. El porcentaje de parición esperado en ambas especies va de 50% a 75% atribuyéndose una disminución por deficiencia en el transporte espermático en las hembras tratadas.

Incremento de la prolificidad

Para incrementar el porcentaje de partos múltiples, es necesario aumentar la tasa ovulatoria. Los tratamientos basados en progestágenos y PMSG aumentan la tasa ovulatoria y la frecuencia de partos gemelares. Una técnica relativamente reciente para incrementar la tasa ovulatoria es la inmunización contra hormonas endógenas de retroalimentación negativa.

La función ovárica está controlada por las gonadotropinas de la hipófisis anterior y la retroalimentación negativa de las hormonas ováricas. La androstenediona es un andrógeno producido por las células tecales del folículo en desarrollo; la inmunización contra ella interfiere la síntesis de estrógenos y reduce la retroalimentación sobre las gonadotropinas. Dos aplicaciones de suero hiperinmune al año, ocho y cuatro semanas antes de la introducción de los machos, permiten obtener títulos adecuados de anticuerpos durante el apareamiento. En el segundo año y sucesivos, basta una dosis cuatro semanas antes de la encarnerada. Los resultados señalan una tasa ovulatoria de 1.32 y 1.70, una prolificidad de 1.39 y 1.57 y un índice de fecundidad de 102% y 120%, en ovejas control y tratadas, respectivamente. Sin embargo, la respuesta al tratamiento se ve afectada por factores como raza, plano nutricional y peso vivo.

También se han producido anticuerpos contra la inhibina, hormona producida en el folículo como reguladora por retroalimentación negativa de las gonadotropinas de la hipófisis anterior. Con este tratamiento se han logrado incrementos de 0.66, 1.47 y 0.59 corderos por oveja parida, en tres años sucesivos.

LITERATURA CITADA

CASTILLO, A.P.; ROMERO, J.O.; PEREZ, D.E. 1987. Efecto de dos épocas de empadre con uno y dos servicios sobre el comportamiento reproductivo de cabras lecheras. Reunión Nacional Sobre Caprinocultura (3., 1987, Cuautitlán). [Memorias]. Cuautitlán, México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. p. 53-57.

CONTESTABILE, O.I.; SANDOVAL, V.A.; PEREZ, D.E.; PIJOAN, A.P. 1985. Efecto de la administración oral de melatonina como inductor del estro en cabras durante el anestro estacional. Reunión de Investigación Pecuaria en México. [Memorias]. p. 223.

CONTRERAS, X.C; ORTEGA, R.B; ROMERO, B.O; PEREZ, D.E. 1989. Anestro postparto en ovejas Rambouillet sometidas a tres métodos de cría de corderos en dos épocas de empadre. Congreso Nacional de Producción Ovina (2., San Luis Potosí, 1989). [Memorias]. Asociación Mexicana de Técnicos

Especialistas en Ovinocultura A.C. San Luis Potosí, México, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. p. 195-197.

CUELLAR, O.J.A.; MUÑOZ, H.J.C. 1986. Influencia de la época de parto en el peso al nacimiento y mortandad de corderos Criollos. Reunión de Investigación Pecuaria en México. [Memorias]. p. 172.

DA COSTA, P.E. 1982. Variações estacionais nas características físicas e morfológicas do semen de ovinos deslanados da raça Somalis, criados extensivamente na região do nordeste brasileiro. Tesis de Maestría. Minas Gerais, Brasil. Escola de Veterinaria, Universidade Federal de Minas Gerais.

DE ALBA, J. 1964. Reproducción y selección de ovinos. In Reproducción y genética animal. Turrialba, C.R. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. p. 397-342.

DE LUCAS, T.J.; GONZALEZ, P.E.; MARTÍNEZ, R.L. 1983. Estacionalidad reproductiva en cinco razas ovinas. Reunión de Investigación Pecuaria en México. [Memorias]. p. 119-123.

GARCIA, A.A.; PIJOAN, A.P.; DE LUCAS, T.J. 1985. Aparición de la pubertad en corderos y corderas Suffolk en dos épocas de nacimiento. Reunión de Investigación Pecuaria en México. [Memorias]. p. 211.

GARCÍA, O.; GALL, C. 1981. Goats in the dry tropics. In Goat production. C. Gall (Ed.). New York, Academic Press. p. 515-557.

- GOMEZ, C.A. 1986. Variación estacional de la libido, cantidad y calidad del semen en tres razas de caprinos. Tesis de Maestría. Cuautitlán, México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. 99 p.
- GOMEZ DE LA C, P.; OVIEDO, F.G.; HERNANDEZ, V.C. 1990. Distribución de partos, utilizando un sistema de empadre continuo no controlado durante un periodo de 4 años (1985-1989) en una explotación ovina comercial del Estado de México. Congreso Nacional de Producción Ovina. (3., 1990, Tlaxcala). Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura A.C. Tlaxcala, México, Universidad Autónoma de Tlaxcala. p. 145-148.
- GOMEZ, E.G.; TREJO, G.A. 1986. Control artificial del fotoperiodo en ovejas Suffolk. Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. (10., 1986, Acapulco, México). p. 80.
- GONZALEZ, S.C. 1983. Comportamiento reproductivo de las razas locales de rumiantes en el trópico americano. In Reunión Internacional de Pointe-Pitre, Guadeloupe (F.W.I). París, Francia. Institut National de la Recherche Agronomique. p. 1-84.
- HULET, C.V. 1979. Improving reproductive efficiency in sheep. In Beltsville Symposia in Agricultural Research. 3. Animal reproduction. New York, John Wiley and Sons. p. 31-40.
- HULET, C.V.; SHELTON, M. 1984. Borregos y cabras. In Reproducción e inseminación artificial en animales, 4 ed.

E.S.E. Hafez (Ed.). México, Editorial Interamericana. p. 329-340.

LAWSON, J.L.; FORREST, D.; SHELTON, M. 1983. Reproductive response to suckling manipulation in Spanish does. Sheep and Goat Wool and Mohair Research Reports. Texas Agricultural Experimental Station. p. 3-11.

LIZARRAGA, C.O.; RODRIGUEZ, R.O.; DE LUCAS, T.J. 1989. Comportamiento reproductivo en corderas Black Belly servidas al presentar la pubertad y al alcanzar un peso mínimo. Congreso Nacional de Producción Ovina (2., San Luis Potosí, 1989). [Memorias]. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura A.C. San Luis Potosí, México, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. p. 191-194.

MARQUEZ, B.G.A.; PINEDA, F.M.P.; CARDOSO, A.V.M.; DE LUCAS, T.J.; PIJOAN, A.P. 1985. Inducción de la actividad sexual en ovejas Corriedale mediante administración de melatonina y variación del fotoperíodo. Reunión de Investigación Pecuaria en México. [Memorias]. p. 210.

MIES FILHO, A.; SELAINE, A.; HOOGESTRATEN, M.I.M.S.; DE MALTOS, S.; WALD, V.B. 1979. Variação estacional da morfologia espermática de ovinos da raça Corriedale. Porto Alegre, RS, Brasil. Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Arquivos da Faculdade de Veterinaria 7:121-134.

MONJARAS, R.M.G.; DIAZ, G.M.O. 1988. Desarrollo reproductivo y productivo de cabras mestizas semi-estabuladas. Congreso Interamericano de Producción

- Caprina. [Memorias]. Torreón, Coahuila, México. Asociación Mexicana de Producción Caprina A.C., Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Universidad Nacional Autónoma de México. p. A29-A32.
- MONROY, F.A.; OLGIN, P.E.; TREJO, G.A.; DE LUCAS, T.J. 1990. Comparación del crecimiento de corderos y del intervalo entre partos de las madres destetando a los 60, 90, 120 y 150 días en ovinos Criollos encastados de Suffolk en pastoreo. Congreso Nacional de Producción Ovina (3., Tlaxcala, 1990). Tlaxcala, México. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura A.C., Universidad Autónoma de Tlaxcala. p. 177-181.
- MORHAND-FERH, P. 1987. Management programs for the prevention of kid losses. International Conference on Goats (4., Brasilia, 1987). [Proceedings]. Brasilia, Brasil. International Goat Association, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Vol I:405-423.
- MOULE, G.R. 1971. Vital statistics in sheep and wool production. *Animal Breeding Abstracts* 39(4):623-636.
- OSORIO, A.J.; PEREZ, V.C.; MIRANDA, J.L.; GARCIA, A. A.; DE LUCAS, T.J. 1990. Inducción de la pubertad en corderos de la raza Rambouillet y Suffolk. Congreso Nacional de Producción Ovina (3., Tlaxcala, 1990). Tlaxcala, México. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura A.C., Universidad Autónoma de Tlaxcala. p. 141-144.

- PEREZ, D.E.; CHAVEZ, G.F.; ARBIZA, A.S. 1982. Contribución al estudio de la tasa reproductiva de cuatro razas caprinas. Reunión de Investigación Pecuaria en México. [Memorias]. p. 613-617.
- PEREZ, D.E.; VARGAS, B.A.; MONTIEL, R.H. 1987. The nutritional effect on puberty presentation on goat kids. Proceedings of the IV International Conference on Goats (4., Brasilia, 1987). [Proceedings]. Brasilia, Brasil. International Goat Association, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Vol. 2, p. 1522.
- PRETORIUS, P.S. 1971. Gross ovarian changes in the cycling and anoestrus Angora doe. South African Journal of Animal Science 1:63-66.
- RAMIREZ, J.A.; HERNANDEZ, C.W.; CRUZ, A.; LOWE, K.E. 1987. Edad y peso a la pubertad en cabras Criollas y cruzadas de la zona centro del Estado de Chihuahua. Reunión Nacional Sobre Caprinocultura (3., Cuautitlán, 1987). [Memorias]. Cuautitlán, México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. p. 11-19.
- REYES, G.M.E.; TREJO, G.A. 1991. Factores que afectan el número de corderos al parto y el número de corderos al destete en ovinos Suffolk en el Estado de México. Congreso Nacional de Producción Ovina (4., Chiapas, 1991). [Memorias]. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura A.C. Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas. p. 156-159.

- RIERA, S. 1982. Reproductive efficiency and management in goats. *International Conference in Goat Production and Diseases 3.*, Tucson, Arizona, 1982). [Proceedings]. p. 163-164.
- RIOS, J.G.; RAMIREZ, J.A.; BENAVIDEZ, J.; MIRAMONTES, O. 1987. Estacionalidad reproductiva de la cabra Criolla en la parte central del Estado de Chihuahua. *Reunión Nacional Sobre Caprinocultura (3., Cuautitlán, 1987)*. Cuautitlán, México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. p. 72.
- RODRIGUEZ, R.O.L.; QUINTA, F.J.; HEREDIA, A.M. 1985. Inducción de la pubertad en primaras Pelibuey. *Reunión de Investigación Pecuaria en México [Memorias]*. p. 207.
- SALAZAR, C.E.; REYES, R.J.L.; GARCIA, L.J.; TREJO, G.A. 1987. Correlaciones entre el desarrollo corporal, el tamaño testicular, la calidad seminal y la concentración hormonal en cabritos tratados con andrógenos y gonadotropinas antes de la pubertad. *Reunión Nacional Sobre Caprinocultura 3., Cuautitlán, 1987)*. [Memorias]. Cuautitlán, México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. p. 28-35.
- SHELTON, M. 1961. Factors affecting kid production of angora does. *Texas Agricultural Experimental Station. MP-496*.
- SHELTON, M.; SPILLER, D. 1977. Breeding season variations of Spanish does. *Sheep and Goat Wool and Mohair. Texas Agricultural Experimental Station. PR3445*.

- SHELTON, M. 1978. Reproduction and breeding of goats. *Journal of Dairy Science* 61(7):994.
- SHERMAN, M.A. 1987. Causes of kid morbidity and mortality: An overview. *International Conference on Goats (4., Brasilia, 1987)*. [Proceedings]. Brasilia, Brasil. International Goat Association, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Vol I:335-354.
- SOTO, G.R. 1984. Manejo reproductivo de la hembra caprina. *Ganadero* 9(3):82-88.
- SOUZA, W.H.; CARREIRA, W.S.; NERY, J.K.; LIMA, F.A.M.; PANT, K.P. 1987. Influence of the breeding season on birth and survival of Caninde kids. *International Conference on Goats (4., Brasilia, 1987)*. [Proceedings]. Brasilia, Brasil. International Goat Association, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Vol II:1487.
- TERRIL, C.E.; FOOTE, W.C. 1987. Estimating reproductive performance in goats. *Proceedings of the IV International Conference on Goats (4., Brasilia, 1987)*. [Proceedings]. Brasilia, Brasil. International Goat Association, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Vol. II:577-583.
- TREJO, G.A. 1978. Relaciones entre la hormona prolactina y el anestro en los rumiantes. *Universidad Nacional Autónoma de México, Boletín de Rumiantes* 2(2):1-27.
- TREJO, G.A. 1980. Uso de las hormonas exógenas en la reproducción ovina. *Facultad de Estudios Superiores*

- Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Temas Selectos de Ovinos No. 3. 80 p.
- TREJO, G.A. 1986a. Aumento en la producción de corderos. III. Reducción del intervalo entre partos. *Ganadero* 11(4):64-76.
- TREJO, G.A. 1986b. Control de la reproducción caprina. In *Producción de caprinos*. A.S.I. Arbiza (Ed.). México, AGT Editores. p. 242-274.
- TREJO, G.A.; PEREZ, R.Y. 1987. Seasonal reproductive activity of Criollo does slaughtered in Mexico. *International Conference on Goats* (4., Brasilia, 1987). [Proceedings]. Brasilia, Brasil. International Goat Association, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Vol. II:1500.
- TREJO, G.A. 1988. Perspectivas de la investigación en reproducción ovina en México. *Congreso Nacional de Producción Ovina* (1., La Calera, Zacatecas, 1988). [Memorias]. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura A.C. p. 102-111.
- TREJO, G.A. 1990. Variación estacional de la libido y calidad del semen en cinco razas ovinas en el Estado de México. Tesis de Maestría, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. 109 p.
- TREJO, G.A.; PEREZ, R.Y.; SOTO, G.R.; GONZALEZ, D.F.; FREY, S.E. 1990. Algunos parámetros productivos y reproductivos en ovinos Pelibuey en un rebaño comercial de Chalma. Estado de México. *Congreso Nacional de Producción Ovina* (3., Tlaxcala, 1990). [Memorias]. Tlaxcala,

México. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura A.C., Universidad Autónoma de Tlaxcala. p. 117-120.

TREJO, G.A.; SOTO, G.R.; PEREZ, R.Y.; GONZALEZ, D.F. 1991. Efecto de la dosis de PMSG sobre la fertilidad, prolificidad y el intervalo entre partos en ovejas Pelibuey inducidas al estro el día del destete. Congreso Nacional de Producción Ovina (4., Chiapas, 1991). [Memorias]. Chiapas, México. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura A.C., Universidad Autónoma de Chiapas. p. 178-180.

URRUTIA, M.J. 1989. Inicio de la estación reproductiva en ovejas Rambouillet en México. Congreso Nacional de Producción Ovina (2., San Luis Potosí, 1989). [Memorias]. San Luis Potosí, México. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura A.C., Universidad Autónoma de San Luis Potosí. p. 198-202.

VALENCIA, J.; BARRON, C.; FERNANDEZ-BACA, S. 1975. Pubertad en corderos Tabasco-Dorset. Veterinaria México 8:127.

VALENCIA, J.; GONZALEZ-REYNA, A.; LOPEZ-BARBELLA, S.F. 1990. Hair sheep in Mexico and Venezuela: Reproduction in Pelibuey and West African sheep. In Livestock Reproduction in Latin America. Viena, International Atomic Energy Agency. p. 299-320.

- VALENCIA, Z.M.; GONZALEZ, P.E. 1983. Pelibuey sheep in Mexico. In *Hair sheep of Western Africa and the Americas*. Colorado, Westview Press. p. 55-74.
- VALENCIA, Z.M. 1985. Efecto del sistema de alimentación y época de nacimiento sobre la aparición del primer celo en borrego Pelibuey. Reunión Anual del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias (15., México, 1985). México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos.
- VELAZCO, V.J.L.; CASTAÑEDA, M.J.; GONZALEZ, E.I. 1990. Determinación de la pubertad en la oveja Pelibuey por el método de citología vaginal exfoliativa. Congreso Nacional de Producción Ovina (3., Tlaxcala, 1990). [Memorias]. Tlaxcala, México. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura A.C. Universidad Autónoma de Tlaxcala. p. 137-140.
- WINBURNE, J. N. (ed.). 1962. *A dictionary of agricultural and allied terminology*. Lansing, Michigan State University Press. 905 p.



CAPITULO VI

EVALUACION REPRODUCTIVA DE CAMELIDOS SUDAMERICANOS

César Novoa

*Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Lima, Perú.*

CAPITULO VI

EVALUACION REPRODUCTIVA DE CAMELIDOS SUDAMERICANOS

César Novoa¹

INTRODUCCION

Los camélidos sudamericanos incluyen a la alpaca (*Lama pacos*), llama (*Lama glama*), guanaco (*Lama guanicoe*) y vicuña (*Vicugna vicugna*). Las dos primeras son especies domésticas y forman parte de los sistemas agropastoriles andinos (500 a 3600 msnm) que en su mayoría están en manos de pequeños productores. Estos animales son fuente de carne y de productos de gran valor para la industria y artesanía, tales como fibra, pieles y cueros. Adicionalmente aportan abono, combustible y otros subproductos. La llama se distingue además como animal de carga.

La baja eficiencia reproductiva es uno de los principales factores que limitan la producción de estos animales, lo que incide en una cosecha anual de crías logradas sobre el total de hembras empadradas que no excede el 40 por ciento. Este documento trata de integrar los aspectos más relevantes sobre la fisiología reproductiva de los camélidos sudamericanos, analiza los

¹ Ph.D. Profesor Emérito, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

parámetros para medir el comportamiento reproductivo, los avances en el manejo para incrementar la reproducción y, finalmente, se intenta identificar vacíos en el conocimiento que merecen atención prioritaria en la investigación.

FISIOLOGIA REPRODUCTIVA

En alpacas se ha realizado más investigación tanto desde el punto de vista biológico general como reproductivo, mientras que la investigación realizada en llamas es más reciente. Existe una revisión reciente de la información sobre la fisiología reproductiva de los camélidos sudamericanos realizada por Novoa (1991).

Esta sección incluirá aspectos que son relevantes para una mejor comprensión y manejo reproductivo de estas especies.

Celo y ovulación

Los camélidos no muestran ciclos estruales definidos. En ausencia del macho, excepto por periodos cortos de exposición para detección del celo, la hembra permanece en estro 30-40 días con periodos cortos de anestro no mayores de 48 horas (Cuadro 1).

La ovulación es inducida por la cópula (Rodríguez 1959; San Martín *et al.* 1968; England *et al.* 1969; Sumar *et al.* 1988; Bravo *et al.* 1990 a, b), pero también puede ser inducida artificialmente mediante inyecciones endovenosas de HCG (human corionic gonadotropin) en niveles que varían desde 10 a 1600 UI (San

Martín *et al.* 1968) o de GnRh (gonadotropin releasing hormone) en dosis de 4.8 mg (Sumar y Bravo 1981).

Cuadro 1. Días de estro¹ y anestro en alpacas vacías.

ALPACA	ESTRO	ANESTRO	ESTRO	ANESTRO	ESTRO	ANESTRO
1	8	2	26			
2	18	1	17			
3	12	1	22			
4	28	1	2	1	4	
5	36					
6	17	1	16			
7	35					
8	25	2	8			
9	30					
10	7	1	2	8		2
11	7	1	15			

¹ El estro fue determinado por aceptación del macho.

Fuente: San Martín *et al.* (1968)

Por otro lado, sobre la efectividad de la respuesta ovulatoria a diferentes estímulos, Fernández Baca *et al.* (1970a) demostraron que la monta sin copulación (machos con mandil protector en la zona genital) resultó en bajo porcentaje de ovulación, similar al testigo. En cambio, el servicio con introducción del pene, tanto de machos enteros como de vasectomizados, elevó significativamente la tasa de ovulación (Cuadro 2).

En el Cuadro 2 puede notarse que entre el 20% y el 30% de las hembras no llegaron a ovular después de uno o varios servicios. Fallas similares postcópula han sido descritas por Bravo *et al.* (1987). Estas fallas ovulatorias están relacionadas con el tamaño del folículo en el momento en que ocurre la cópula. En alpacas (Bravo y Sumar 1989) y llamas (Bravo *et al.* 1990a) se han descrito ciclos de crecimiento folicular que duran de nueve a 13 días, tiempo necesario para que un folículo de 3 mm de diámetro alcance su madurez (8-12 mm) y luego regresione para dar paso a uno nuevo. Este tiempo se divide en fase de crecimiento (de 3 a 8-12 mm) que dura 4.8 ± 1.5 días, fase madura o pre-ovulatoria (8-12 mm) de 5.0 ± 1.6 días y fase regresiva de 4.0 ± 1.1 días.

Cuadro 2. Número de hembras en celo que ovularon en respuesta a diferentes estímulos.

Estímulo	Total hembras	Ovularon		Fertilización, n	Ovulaciones múltiples, n
		n	%		
Testigo	20	1	5	0	0
Monta ¹	13	2	15	0	0
Monta + IA	9	3	33	2	0
Servicio ² interrumpido ³	10	6	60	4	1
Servicio estéril ⁴	22	17	77	0	2
Servicio estéril + IA	21	18	86	3	1
Un solo servicio	44	36	82	30	3
Servicio múltiple	10	7	70	6	0
750 UI HCG	10	10	100	0	1
750 UI HCG+IA	18	18	100	4	4

¹ sin copulación

² con copulación

³ interrumpido a los 5 minutos

⁴ macho vasectomizado

Fuente: Fernández Baca *et al.* (1970a).

A pesar de que las hembras aceptan al macho y copulan, independientemente del tamaño del folículo, la respuesta ovulatoria postcópula solamente ocurre en aquellas con folículos mayores de 6 mm de diámetro (Bravo 1990). En este estudio también se demostró que la descarga de LH durante las seis horas siguientes a la cópula fue mayor en las hembras que ovularon (55.1-62.4 ng/ml) que en las que no ovularon (29.1 ng/ml) ($P < 0.05$).

Después de la cópula, las hembras que fallan inicialmente en ovular continúan en celo hasta recibir el estímulo capaz de inducir la ovulación (Cuadro 3). Por otro lado, las hembras que llegan a ovular siguen en celo mientras transcurre el tiempo necesario para que el cuerpo lúteo inicie su actividad secretoria.

Cuadro 3. Clasificación de las hembras de acuerdo al número y frecuencia de servicios recibidos.

Número de servicios	Frecuencia	Rebaño A		Rebaño B	
		n	%	n	%
Uno o más	Un solo d(MER1)ja	61	30.5	2	10.0
Uno o más	Dos a cuatro d(MER2)jas	11	5.5	5	25.0
Varios servicios	Separados por 5 o menos días	26	13.0	2	10.0
	Con intervalos mayores de cinco días	75	37.5	10	50.0
Ningún servicio		27	13.5	1	5.0

Datos basados en 200 hembras en el rebaño A y 20 hembras en el rebaño B.

Fuente: Fernández Baca y Novoa (1988a).

En alpacas (Fernández Baca *et al.* 1970b) y en llamas (Adams *et al.* 1991), los niveles de progesterona sanguínea empiezan a incrementarse a los tres a cinco días postcópula alcanzando un pico máximo a los ocho a nueve días. El mismo declina abruptamente en las hembras vacías de forma que en el día 12 ó 13 la progesterona se encuentra en niveles basales y las hembras retoman en celo. En las hembras preñadas, el tamaño y la actividad del cuerpo lúteo en el día 8 permanecen estables, excepto por una ligera disminución que se nota el día 13 postcópula (Cuadro 4). En este caso las hembras no vuelven a mostrar celo.

Cuadro 4. Concentración sanguínea de progesterona¹ a varios intervalos postcópula o postinyección de HCG en alpacas.

Intervalo, días	Monta natural		HCG	
	n	Progesterona ng/100 ml	n	Progesterona ng/100 ml
3	12	66.6 ² ± 6.9	8	54.5 ³ ± 18.3
8	9	222.0 ± 42.1	4	440.8 ± 36.0
13	4	142.7 ± 75.8	5	9.5 ⁴ ± 1.0
18	3	286.8 ± 96.2	5	22.8 ⁵ ± 3.5
23	2	268.1 ± 17.8	1	10.7

¹ x ± error estándar

² Todos los valores, excepto para el día 3, difieren estadísticamente ($P < 0.05$) entre monta natural (MN) y HCG. Dentro de MN, la única diferencia significativa se presenta entre el día 3 y el 8.

³ Promedio de siete alpacas; en una no fue detectable (ND).

⁴ Promedio de 4 alpacas; una ND.

⁵ Promedio de 4 alpacas; una ND.

Fuente: Fernández Baca *et al.* (1970b).

Con relación a la ubicación del cuerpo lúteo, Fernández Baca *et al.* (1973) encontraron que de 928 alpacas, 50.9% mostraron un cuerpo lúteo en el ovario derecho, 47.4% un cuerpo lúteo en el ovario izquierdo y las restantes, uno en cada ovario. Estos datos indican que no existe diferencia funcional entre ambos ovarios.

Pubertad

Observaciones en alpacas (Fernández Baca y Novoa 1968b) mostraron que las hembras de un año exhiben una conducta sexual similar a la observada en adultas. Posteriormente, se comprobó que las hembras adultas y las de un año de edad tampoco difieren en lo que se refiere a tasas de ovulación y fertilización (Fernández Baca *et al.* 1970c), ni existe diferencia en la tasa de parición, peso corporal y sobrevivencia de sus crías (Novoa *et al.* 1972). Este estudio también demostró que las hembras que alcanzan el 60% (33-36 kg) de su peso corporal se reproducen sin problemas. En las condiciones de pastoreo natural en los Andes dicho peso se puede alcanzar a la edad de 12 a 14 meses. En el Cuadro 5 se muestran los resultados reproductivos de hembras servidas a los 12 a 14 meses de edad. En estos tres casos se usó el mismo método de empadre, variando solamente su duración.

Estos resultados demuestran que la práctica generalizada de iniciar la reproducción en hembras a los dos años de edad carece de fundamento técnico y produce pérdidas innecesarias. Es más, es posible elevar la eficiencia reproductiva mejorando la alimentación de los animales en crecimiento o mediante selección por peso corporal o ambos.

Cuadro 5. Resultados reproductivos de alpacas servidas a los 12 a 14 meses de edad.

Autor	Alpacas servidas, n	Crías nacidas, %	Duración empadre, d
Novoa <i>et al.</i> (1973) ¹	475	77.3	60
Condorena y Velasco (1979) ²	225	85.6	93
	225	88.1	91
Leyva <i>et al.</i> (1979) ²	136	57.4	45
	136	59.3	45

1 Finca comercial

2 Estación experimental

Empadre

En los Andes, la parición de los camélidos domésticos coincide con la estación de lluvias (diciembre-marzo) y en consecuencia con una mayor disponibilidad de alimento y una mejor temperatura ambiental. Los camélidos silvestres paren también en la misma época del año (Franklin 1978; Raedeke 1979). Se ha observado que la estacionalidad en la alpaca depende más del manejo que de la influencia de la época del año sobre la fisiología reproductiva. Así, en rebaños de comunidades campesinas cuya práctica usual es tener hembras y machos juntos todo el año, las alpacas paren solamente en los meses de diciembre a marzo, con una mayor frecuencia en enero y febrero. En cambio, cuando no hay asociación permanente entre hembras y machos, y la monta es permitida solamente una vez al mes, ocurren apareamientos y preñeces durante todo el año (Fernández Baca *et*

al. 1972a). Similarmente, en una evaluación del efecto de la extensión del empadre sobre la natalidad en alpacas, 80 hembras que quedaron vacías en el empadre de febrero y marzo fueron servidas de nuevo durante mayo y junio del mismo año; de este servicio parieron el 31% en abril, el 58% en mayo y el 11% en junio. El desarrollo de las crías fue normal hasta los dos meses en que concluyó la observación (Novoa *et al.* 1974).

Es evidente que las alpacas, y probablemente, las llamas, cuando se mantienen en rebaños separados del macho, no presentan estacionalidad reproductiva. Cuando las hembras se mantienen con los machos todo el año, la parición se circunscribe a la estación de lluvias. Si se considera la duración de la gestación (11.5 meses) los servicios se restringen a dicha estación. Este comportamiento sugiere que la asociación continua de machos y hembras inhibe la actividad sexual de los machos, efecto que desaparece temporalmente en la estación de verano debido a influencias aún no determinadas. Estudios realizados por Fernández Baca *et al.* (1972b) han demostrado que la asociación continua de ambos sexos por más de 15 días inhibe el interés sexual de los machos. Este hecho ha sido reproducido tanto en machos enteros como vasectomizados. También se ha observado que el cambio de hembras contrarresta la inhibición, reiniciándose la actividad copulatoria.

Es probable que en comunidades campesinas el reinicio de la actividad sexual, después de una etapa de inactividad temporal, se deba al cambio de estación con el consiguiente cambio en disponibilidad de alimentos o a la presencia de un mayor número de hembras en celo como consecuencia de los partos.

Comportamiento sexual

El comportamiento sexual ha sido descrito en alpacas (Fernández Baca y Novoa 1968a), vicuñas (Koford 1957), guanacos (Raedeke 1979) y llamas (England *et al.* 1971). El patrón es similar en las cuatro especies, pudiendo distinguirse una fase exploratoria y otra copulatoria. En la primera, el macho, al ser introducido en un rebaño de hembras, embiste a la primera que tiene al alcance y la persigue tratando de montarla. La hembra, al ser requerida, usualmente emprende veloz carrera hasta que finalmente, si está en celo, se para y se deja montar de pie, para luego caer echada sobre su vientre y aceptar la cópula. Otras hembras en celo se acercan a la pareja que está en apareamiento y luego se echan al suelo permaneciendo en ésta posición por todo el tiempo que dura la cópula. Algunas hembras montan a otras que están echadas en el suelo con movimientos pélvicos similares a los ejecutados por el macho. La hembra no receptiva, al ser requerida por el macho, trata de escapar y se defiende pateando y escupiendo.

Durante la cópula la hembra permanece en posición decúbito ventral mostrando relativa calma. El macho en cambio, se muestra excitado; respira agitadamente dilatando y contrayendo los ollares rítmicamente. Al inicio de la monta, el macho realiza movimientos pélvicos de aproximación y retiro, tratando probablemente de lograr la introducción del pene. Luego se adhiere fuertemente a la hembra ejecutando ocasionales movimientos pélvicos. No es posible observar signos indicativos del momento en que ocurre la eyaculación. Se ha informado que la deposición del semen es intrauterina (Franco *et al.* 1981).

La duración de la cópula es variable. En empadre libre, donde hay competencia entre machos, se registra una duración de 8.1 ± 5.4 minutos, mientras que en empadre controlado, con un solo macho, el tiempo es 17.5 ± 12.1 minutos. Finalizada la cópula, el macho se pone de pie y a menudo acomete inmediatamente a otra hembra, ya sea a una de las que están echadas a su lado o a otra del rebaño. Existen casos en que repite la cópula con la misma hembra.

Gestación

La gestación en camélidos en general dura alrededor de 11.5 meses y las crías nacen en un estado avanzado de desarrollo (Cuadro 6). De un total de 928 observaciones en alpacas hembras con cuatro a 10 meses de preñez, el 98.4% tuvo el feto localizado en el cuerno uterino izquierdo (Fernández Baca *et al.* 1973); también se observó que el número de preñeces con cuerpo lúteo en el ovario izquierdo (440) fue similar al de aquellas con cuerpo lúteo en el ovario derecho (472) y las restantes (16) tuvieron un cuerpo lúteo en cada ovario. Estos datos parecen indicar que las pérdidas embrionarias por la migración de derecha a izquierda no son importantes. Aunque se registraron hembras con un cuerpo lúteo en cada ovario, todas tuvieron un solo feto en el cuerno izquierdo, lo cual concuerda con observaciones sobre la no existencia de mellizos a pesar de existir ovulación múltiple (Fernández Baca 1970). La implantación preferencial en el cuerno izquierdo también ha sido descrita en llamas (Sumar y Leyva 1979) y guanacos (Raedeke 1979).

Cuadro 6. Algunos datos biológicos sobre camélidos sud-americanos.

Especie	Gestación, d	Peso al nacimiento, kg	Peso al destete, kg	Peso adulto, kg
Llama	348 ± 9.0 350 ± 4.0	11.9 ± 1.6	45.4 ± 7.2	115.7 ± 22
Alpaca	345 ± 0.1 341 ± 0.4	6.0 ± 8.0	25.0 a 35.0	58.3 ± 9
Guanaco	345 ± 7.0	8.0 ± 15.0	1	110 a 115
Vicuña	343 ± 7.0	4.0 ± 6.0	1	35.3 ± 1.6

¹ Tanto el guanaco como la vicuña son animales de vida silvestre; por lo tanto, el destete controlado no es parte de su sistema de manejo.

Fuentes: San Martín *et al.* (1968); Calderón y Fernández Baca (1972); Schmidt (1973); Franklin (1978); Raedeke (1979); León *et al.* (1990).

Se ha demostrado que mientras el cuerno derecho tiene acción local, el cuerno izquierdo tiene efecto tanto local como sistemático; es decir, también actúa sobre el ovario derecho (Fernández Baca *et al.* 1979). Esto indicaría que el embrión procedente del ovario derecho debe migrar al izquierdo para sobrevivir. Por otro lado, se ha demostrado que en hembras sin ovario y cuerno uterino izquierdos (removidos quirúrgicamente), el ovario derecho ovula y mantiene preñeces normalmente (Bravo *et al.* 1987).

Comparaciones entre el número de óvulos fertilizados que fueron recuperados a los tres días postservicio y el número de embriones presentes en etapas posteriores, demuestran que sólo alrededor del 50% sobreviven después de 30 días de gestación (Cuadro 7).

Cuadro 7. Localización de embriones y cuerpos lúteos en alpacas preñadas a varios intervalos postcópula.

Días postcópula	n	Hembras que ovularon, n	Hembras preñadas		Hembras con embrión cuerno izquierdo,
			n	%	%
3	20	16 ¹	14 ²	70	56
28 - 31	20		7 ³	35 ⁴	87
40 - 45	20		7	35 ⁴	71
87 - 95	20		8	40 ⁴	100 ⁴

1 Dos hembras con ovulación múltiple.

2 Se recuperaron 16 embriones de 14 hembras.

3 Se recuperaron 8 embriones

4 Valores significativamente diferentes ($P < 0.05$) de valores del día 3.

Fuente: Fernández Baca *et al.* (1970c).

Los factores involucrados en ésta pérdida son desconocidos. Sin embargo, se ha demostrado que las hembras que fallaron previamente en producir un feto viable pueden gestar nuevamente y llevar a término dicha preñez (Novoa *et al.*, 1970). Con un manejo intensivo durante el empadre, y el servicio repetido de estas hembras que retornan en celo, se puede fácilmente elevar el porcentaje de crías nacidas de 50 a 80 por ciento.

En alpacas preñadas, la progesterona plasmática alcanzó su máxima concentración el día 8 postcópula manteniéndose elevada (> 2 ng/ml) durante los 90 días que duró el estudio (Fernández Baca 1970). Resultados similares han sido descritos en llamas

hasta los 30 días de preñez (Adams *et al.* 1991) y a través de toda la preñez (León *et al.* 1990; Foote y Huie 1987) con la excepción de las últimas semanas, cuando empiezan a declinar llegando al día del parto a <0.5 ng/ml. Por otro lado, se ha informado que la preñez en llamas y alpacas es dependiente del cuerpo lúteo, ya que su remoción quirúrgica en cualquier momento de la gestación resulta en aborto (Sumar 1988).

Parto y postparto

El parto en camélidos ocurre únicamente desde las 5:00 hasta las 14:00 horas (Bustinza *et al.* 1970; Sumar *et al.* 1978).

La primera fase del parto, que conduce a la dilatación cervical, dura de 20 minutos a 2.5 horas. La segunda fase o de expulsión fetal dura de 8 a 40 minutos y la tercera fase o de expulsión placentaria de 42 a 120 minutos. El epitelio de la placenta es de tipo corial difuso (Steven 1980) y nunca se produce retención placentaria.

Los camélidos presentan celo inmediatamente después del parto, pero la ovulación ocurre a partir del día 10 y la involución uterina se completa a los 20 días postparto (Sumar *et al.* 1972). Datos de León *et al.* (1990), muestran que la concentración sanguínea de progesterona en al llama desciende a niveles basales (<0.5 ng/ml) el día del parto. Paralelamente, la concentración de estrógenos se incrementa en la última semana de la preñez para después declinar la primera semana postparto y el cortisol sufre un ligero incremento asociado con el parto.

EVALUACION REPRODUCTIVA DE LOS REBAÑOS

El rendimiento reproductivo de los rebaños es bajo. Datos procedentes de empresas ganaderas muestran que la tasa de natalidad está alrededor del 50 por ciento (Cuadro 8). En rebaños de pequeños propietarios de comunidades se han descrito resultados similares (García 1974; Llacsá 1979; Leyva y Jiménez 1986). No se cuenta con datos a nivel regional o nacional. Sin embargo, las estadísticas del Ministerio de Agricultura del Perú muestran tasas de extracción en camélidos que fluctúan entre 10 y 15%, resultados que se explican parcialmente por la baja tasa de natalidad en los rebaños.

Cuadro 8. Tasas de natalidad de la alpaca en algunas empresas del Departamento de Puno.

Empresa	Hembras	
	Empadradas, n	Paridas, %
1	624	44
2	4,874	65
3	3,167	57
4	1,718	26
5	1,014	51
6	1,764	38
7	1,764	56
8	21,832	56
9	2,592	57

Fuente: Franco (1981).

La baja tasa de natalidad se complica con una alta tasa de mortalidad de animales jóvenes (Moro 1971; IVITA 1987). Del nacimiento al destete, la mortalidad en alpacas fluctúa entre 9.3% y 56.6%, dependiendo de las enfermedades prevalentes en la zona y del nivel técnico de crianza.

La elevada mortalidad en alpacas hasta los 30 días de edad se debe principalmente a la enteritis neonatal, cuya causa principal es la enterotoxemia originada por la acción de toxinas producidas por *Clostridium perfringens* tipos A y C (Moro 1967; Huaman y Ludeña 1977; Ramírez y Huaman 1981; Ramírez 1987). Otras enfermedades que causan pérdidas son la colibacilosis (Ramírez *et al.* 1985) y, en animales mayores de un mes de edad, la coccidiosis (Guerrero 1971). El manejo deficiente durante la parición juega un rol importante en la difusión de estas enfermedades.

En general, el manejo reproductivo es inadecuado según las características fisiológicas de los animales. En las explotaciones medianas y grandes se practican métodos de empadre basados en los utilizados en el manejo de ovinos y, entre los pequeños productores, se usan procedimientos tradicionales, no siempre eficaces para aprovechar el potencial reproductivo de los animales. También es frecuente la presencia de machos con defectos que pueden afectar su capacidad reproductiva (hipoplasia testicular, criptorquidismo). Entre los pequeños productores la escasez de machos y la consanguinidad son factores que contribuyen a la baja eficiencia reproductiva.

Medición de la eficiencia reproductiva

Como se mencionó anteriormente, los camélidos se reproducen estacionalmente (enero a marzo), tienen una gestación larga (11.5 meses) y una sola cría por parto. Como consecuencia, los parámetros más útiles para evaluar su eficiencia reproductiva son los siguientes:

$$\text{Crías destetadas, \%} = \frac{\text{Crías destetadas}}{\text{Hembras expuestas el año anterior}} \times 100$$

Esta ecuación permite medir la eficiencia terminal. Por lo tanto, se requiere de otras mediciones durante el proceso reproductivo que permitan evaluar las variables que contribuyen a estos resultados.

Dentro de éstas se deben de considerar:

$$\text{Natalidad, \%} = \frac{\text{Hembras paridas}}{\text{Hembras expuestas}} \times 100$$

$$\text{Prenhez, \%} = \frac{\text{Hembras preñadas}}{\text{Hembras expuestas}} \times 100$$

$$\text{Aborto, \%} = \frac{\text{Hembras preñadas} - \text{Hembras paridas}}{\text{Hembras preñadas}} \times 100$$

$$\text{Supervivencia al destete, \%} = \frac{\text{Crías destetadas}}{\text{Crías nacidas}} \times 100$$

La información anterior es fácil de obtener con la ayuda del productor y permite un análisis del rendimiento reproductivo de los animales, así como la planificación y ejecución en conjunto de actividades que conduzcan a mejorar la eficiencia reproductiva de los rebaños.

Mejoramiento de la eficiencia reproductiva

Los objetivos inmediatos del mejoramiento reproductivo de los camélidos son reducir la edad al primer parto y obtener anualmente una cría de cada hembra en edad reproductiva.

Se ha demostrado que las hembras que alcanzan un 60% de su peso adulto y son sometidas a un manejo adecuado durante el empadre, pueden parir por primera vez a los dos años de edad. En consecuencia, se puede lograr la reproducción temprana de los animales con programas de alimentación basados en forrajes, que se ajusten a la realidad de los sistemas de producción. Por otro lado, los principios biológicos que gobiernan la reproducción de estos animales son peculiares y deben ser tomados en cuenta al diseñar sistemas de empadre para mejorar las tasas de preñez y natalidad.

A continuación se presenta un resumen de la información en reproducción de camélidos.

- La ovulación es inducida por la cópula.
- Existen ciclos de crecimiento folicular, pero las hembras tienden a mostrar celo continuo todo el año.
- Lo anterior determina que los machos desempeñen un trabajo sexual intenso los primeros días del empadre y luego su actividad disminuya.
- Después del parto la hembra presenta celo inmediatamente, pero no está apta para concebir hasta de 10 a 15 días postparto.
- Una vez ocurrida la cópula, aproximadamente un 20% de las hembras fallan en ovular. Un 90% de las que ovulan son fertilizadas, pero un 50% de estos embriones mueren durante los primeros 30 días de gestación.
- Tanto las hembras que no ovulan, las que no son fertilizadas y las que pierden el embrión, vuelven a presentar celo y, si son servidas de nuevo, tienen posibilidad de concebir y llevar una preñez a término.
- La asociación continua de machos y hembras por más de 15 días inhibe la actividad sexual de los machos. Esta inhibición se elimina cambiando a las hembras o haciendo trabajar a los machos en forma discontinua por periodos cortos de exposición con las mismas hembras.

Es también importante permitir un descanso sexual postparto de 10 a 15 días para evitar posibles infecciones mientras ocurre la

involución uterina. Además se debe determinar que los machos estén sanos y sean fértiles.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, se ha desarrollado un sistema de manejo de machos que consiste en usar un 6% de machos en el rebaño, de los cuales el 50% inicia el empadre por un período de siete días, al término del cual son reemplazados por el 50% restante por un periodo igual. Así, alternando periodos de trabajo y descanso, se continúa por ocho semanas o más. Mientras más se prolongue la duración del empadre siguiendo este sistema, mayor es el número de hembras que logran concebir (más de 85%). Este método es útil en rebaños grandes y su uso se encuentra extendido en las grandes empresas.

Siguiendo este mismo principio, se pueden desarrollar procedimientos que se ajusten a los sistemas de producción de los pequeños productores, tomando en cuenta el tamaño de su rebaño y la disponibilidad de mano de obra. Es interesante hacer notar que el empadre amarrado que utilizan algunas comunidades se ajusta a los principios anotados pero puede ser mejorado con ligeras modificaciones. Por ejemplo, se puede dar mayor oportunidad de servicio a las hembras que retornan en celo.

Para reducir la mortalidad de crías se requiere de un conjunto de medidas, tales como una mejor alimentación de las hembras en el último tercio de gestación, el consumo de calostro durante las primeras horas postnacimiento, la desinfección del ombligo y el mantenimiento de buenas condiciones higiénicas en los corrales que se usan como dormideros. Es incluso mejor si no se usan dormideros fijos.

INVESTIGACIONES FUTURAS

- El incremento de las actuales tasas reproductivas requiere de la aplicación de la tecnología ya generada. Esta tecnología debe ser adaptada, particularmente, a las condiciones del pequeño productor.
- En los ambientes donde se crían los camélidos, la reproducción debe ser regulada de acuerdo con los otros componentes del sistema. De especial interés es ajustar el ciclo reproductivo a la época del año para lograr máximos de ovulación, fertilización, implantación y sobrevivencia de embriones y fetos, asegurar condiciones favorables para la sobrevivencia de la madre y la cría y hacer coincidir el incremento en el número de animales con una mayor disponibilidad de biomasa en pasturas naturales o cultivadas. Se debe realizar investigación orientada a optimizar los niveles reproductivos en ambientes y situaciones específicas.
- A pesar de que las hembras presentan celo y ovulación y pueden concebir dentro de los primeros 15 postparto, el intervalo entre partos es largo debido a la proporción alta de pérdidas embrionarias. Al parecer, la plenitud funcional del cuerpo lúteo y su capacidad secretora se desarrolla después de un cierto período postparto y es influenciada por la situación nutricional, lactancia y/o amamantamiento. Se requieren estudios sobre estos procesos y su relación con el sostenimiento de preñez.
- En algunas localidades los productores informan de pérdidas por abortos en los meses de julio y agosto, que coinciden con

vientos fuertes y heladas. Se deben determinar las verdaderas causas y plantear alternativas para evitar estas pérdidas.

- Con relación a la producción de fibra de alpaca, se sabe que las hembras gestantes producen menos que las vacías o que los machos. Dado que el mercado local no paga por calidad, se ha dado énfasis a la producción de cantidad, a pesar de que a la industria también le interesa obtener una fibra más fina. Considerando esta situación y el hecho de que las alpacas tienen una vida reproductiva de 10 a 12 años, aún con niveles reproductivos bajos fácilmente se pueden producir reemplazos para el mantenimiento del rebaño y la producción de fibra. Sin embargo, la mejor producción en cantidad y finura se obtiene en animales jóvenes hasta los tres o cuatro años de edad. En animales mayores de cinco o seis años, la producción disminuye y el diámetro de la fibra se incrementa. Este hecho sugiere la conveniencia de limitar la edad de permanencia de los animales en el rebaño y para ello es indispensable mejorar la reproducción, de forma que se puedan producir los reemplazos necesarios. Al mismo tiempo se deben desarrollar programas de alimentación y de comercialización que permitan extraer oportunamente el ganado de descarte.
- Se ha realizado poca investigación sobre la fisiología reproductiva del macho y aún no se cuenta con una técnica confiable para recolectar semen. Esto representa un obstáculo para el desarrollo de la inseminación artificial, que permitiría un mejoramiento genético y facilitaría el cruzamiento interespecífico. Además, al presentar las hembras ovulación inducida, ausencia de ciclos estrales y receptividad sexual

continua, ofrecen ventajas tanto para la inseminación artificial como para la transferencia de embriones, técnicas que tendrían una gran aplicación práctica.

LITERATURA CITADA

ADAMS, G.R.; SUMAR, J.; GINTHER, O.J. 1991. Form and function of the corpus luteum in llamas. *Animal Reproduction Science* 24:127-138.

BRAVO, P.W.; SUMAR, J.; RIVERA, S.; FOOTE, W.C. 1987. Reproductive wastage in female alpaca. In *Improving Reproductive Performance of Small Ruminants. US/AID Title XII Small Ruminant-CRSP, Brasil-Peru-USA. [Final Reports]*. Logan Utah, Utah State University. p. 155-160.

BRAVO, P.W.; SUMAR, J. 1989. Laparoscopic examination of the ovarian activity in alpacas. *Animal Reproduction Science* 21:271-281.

BRAVO, P.W. 1990. Studies on ovarian dynamics and response to copulation in the South American Camelids. Ph.D. Thesis. Davis, California, University of California. 91 p.

BRAVO, P.W.; FOWLER, M.E.; STABENFELDT, G.H.; LASLEY, B.L. 1990a. Ovarian follicular dynamics in the llama. *Biology of Reproduction* 43:579-585.

- BRAVO, P.W.; FOWLER, M.E.; STABENFELDT, G.H.; LASLEY, B.L. 1990b. Endocrine responses in the llama to copulation. *Theriogenology* 33:891-899.
- BUSTINZA, J.A., GALLEGOS, M.L.; SANTOS, M.A. 1970. Observaciones del parto de alpaca. In Convención sobre Camélidos Sudamericanos (1., Puno, 1970). [Anales]. Puno, Perú, Universidad Nacional de Puno. p. 153.
- CALDERON, W.; FERNANDEZ BACA, S. 1972. Peso vivo y rendimiento de canal en la alpaca. *Revista de Investigaciones Pecuarias (Perú)* 1(1):5-9.
- CONDORENA, A.N.; VELASCO, J. 1979. Comparación de dos sistemas de empadre en la alpaca. *Revista de Investigaciones Pecuarias (Perú)* 4(11):47-54.
- ENGLAND, B.G.; FOOTE, W.C.; MATTHEWS, D.H.; CARDOZO, A.G.; RIERA, S. 1969. Ovulation and corpus luteum function in the llama (*Lama glama*). *Journal of Endocrinology* 45:505-513.
- ENGLAND, B.G.; FOOTE, W.C.; CARDOZO, A.G.; MATTHEWS, D.H.; RIERA, S. 1971. Oestrus and mating behavior in the llama (*Lama glama*). *Animal Behavior* 19:722-726.
- FERNANDEZ BACA, S.; NOVOA, C. 1968a. Conducta sexual de la alpaca en empadre a campo. In Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). (2., Lima, 1968). [Memorias]. 3:7-20.

- FERNANDEZ BACA, S.; NOVOA, C. 1968b. Primer ensayo de inseminación artificial de alpacas (*Lama pacos*) con semen de vicuñas (*Vicugna vicugna*). Lima, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Revista Facultad de Medicina Veterinaria 22:9-17.
- FERNANDEZ BACA, S. 1970. Luteal function and nature of reproductive failures in the alpaca. Ph.D. Thesis. Ithaca, New York, Cornell University. 173 p.
- FERNANDEZ BACA, S.; MADDEN, D.H.L.; NOVOA, C. 1970a. Effect of different mating stimuli on induction of ovulation in the alpaca. *Journal of Reproduction and Fertility* 22:261-267.
- FERNANDEZ BACA, S.; HANSEL, W.; NOVOA, C. 1970b. Corpus luteum function in the alpaca. *Biology of Reproduction* 3: 252-261.
- FERNANDEZ BACA, S., HANSEL, W.; NOVOA, C. 1970c. Embryonic mortality in the alpaca. *Biology of Reproduction* 3:243-251.
- FERNANDEZ BACA, S.; NOVOA, C.; SUMAR, J. 1972a. Actividad reproductiva de la alpaca mantenida en separación del macho. In Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) (3., Bogotá, 1972). [Memorias] 7:7-18.
- FERNANDEZ BACA, S.; MADDEN, D.H.L.; NOVOA, C. 1972b. Comportamiento sexual de la alpaca macho frente a la renovación de las hembras. *Revista de Investigaciones Pecuarias (Perú)* 1(2): 115-128.

- FERNANDEZ BACA, S.; SUMAR, J.; NOVOA, C.; LEYVA, V. 1973. Relación entre la ubicación del cuerpo lúteo y localización del embrión en la alpaca. *Revista de Investigaciones Pecuarias (Perú)* 2(2):131-135.
- FERNANDEZ BACA, S.; HANSEL, W.; SAATMAN, R.; SUMAR, J.; NOVOA, C. 1979. Differential luteolytic effects of right and left uterine horns in the alpaca. *Biology of Reproduction* 20: 586-595.
- FOOTE, W.C.; HUIE, J.M. 1987. Pregnancy and postpartum levels of progesterone in the llama and their use in diagnosis of pregnancy. In *Improving Reproductive Performance of Small Ruminants. US/AID Title XII Small Ruminant - CRSP, Brasil-Peru-USA. [Final Reports].* Logan, Utah, Utah State University. p. 302 - 305.
- FRANCO, E. (ed.). 1981. Estudio para el Proyecto 8 del Programa de Desarrollo Integral de la Alpaca en el Departamento de Puno. [Informe]. Puno, Perú, Convenio ORDEPUNO - Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura. 115 p.
- FRANCO, E.; SUMAR, J.; VARELA, M. 1981. Eyaculación en la alpaca (*Lama pacos*). In *Convención Internacional sobre Camélidos Sudamericanos (4., Punta Arenas, Chile, 1981). [Memorias].* Corporación Nacional Forestal e Instituto de la Patagonia. p. 90.
- FRANKLIN, W.L.. 1978. Socioecology of the vicuña. Ph.D. Dissertation. Logan, Utah, Utah State University. 172 p.

- GARCIA, C. 1974. Algunas correlaciones de la fibra de alpaca. Tesis de Bachiller. Cuzco, Perú, Universidad Nacional San Antonio Abad, Facultad de Agronomía y Zootecnia. 87 p.
- GUERRERO, C. 1971. Enfermedades parasitarias. In Alpacas: Enfermedades Infecciosas y Parasitarias. Lima, Perú, Centro de Investigación, Instituto de Investigaciones Tropicales y de Altura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Boletín Divulgativo (Perú) No. 8, p. 1-38.
- HUAMAN, D.; LUDEÑA, L.H. 1977. Clostridia aislados en crías de alpacas. Veterinaria y Zootecnia (Perú) 24:22-25.
- IVITA (INSTITUTO VETERINARIO DE INVESTIGACIONES TROPICALES Y DE ALTURA). 1987. Proyecto Camélidos Sudamericanos: Informe Técnico de la Fase II. Lima, Perú, Convenio CIID-IVITA, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 46 p.
- KOFORD, C. 1957. The vicuña and the Puna. Ecological Monographs 27:153-219.
- LEON, J.B.; SMITH, B.B.; TIMM, K.I.; LECRENT, G. 1990. Endocrine changes during pregnancy, parturition and the early postpartum period in the llama (*Lama glama*). Journal of Reproduction and Fertility 88:503-511.
- LEYVA, V.; SUMAR, J.; FRANCO, E. 1979. Efecto de la vitamina A en el peso y fertilidad de la alpaca. In Proyectos de Investigación Realizados en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos: Resúmenes, Tomo II. Lima, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. p. 104.

- LEYVA, V.; JIMENEZ, J. 1986. Sistemas de empadre en alpacas para pequeños productores campesinos. In Congreso Internacional sobre Agricultura Andina (5., Puno, Perú, 1986). Universidad Nacional de Puno. p. 20.
- LLACSA, A. 1979. Algunos aspectos técnicos de la crianza de alpacas. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga - Cooperación Técnica Suiza. Boletín de Divulgación. 42 p.
- MORO, M. 1967. Enfermedades infecciosas de la alpaca: enterotoxemia, diarrea bacilar producida por *Clostridium welchii* tipo A. Lima, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Revista Facultad de Medicina Veterinaria 18-19-20:85-87.
- MORO, M. 1971. Enfermedades infecciosas. In Alpacas: enfermedades infecciosas y parasitarias. Centro de Investigación Instituto de Investigaciones Tropicales y de Altura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Boletín Divulgativo No. 8, p. 39-64.
- NOVOA, C.; SUMAR, J.; FRANCO, E. 1970. Empadre complementario de hembras alpacas vacías. Lima, Perú, Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. IV Boletín Extraordinario. p. 53-59.
- NOVOA, C.; FERNANDEZ BACA, S.; SUMAR, J.; LEYVA, V. 1972. Pubertad en la alpaca. Revista de Investigaciones Pecuarias (Perú) 1(1):29-35.

- NOVOA, C.; SUMAR, J.; LEYVA, V.; FERNANDEZ, S. 1973. Incremento reproductivo en alpacas de explotaciones comerciales mediante el método de empadre alternado. *Revista de Investigaciones Pecuarias (Perú)* 2(2):191-193.
- NOVOA, C.; CONDORENA, N.; FARFAN, R. 1974. Peso vivo, longitud de fibra y peso de carcasa de alpacas hasta los dos meses de edad bajo dos regimenes alimenticios. *Revista de Investigaciones Pecuarias (Perú)* 3(1):85-87.
- NOVOA, C. 1991. Fisiología de la reproducción de la hembra. In *Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos*. S. Fernández Baca (Ed.). Santiago, Chile, FAO. p. 91.
- RAEDEKE, K.J. 1979. Population dynamics and socioecology of the guanaco (*Lama guanicoe*) of Magallanes, Chile. Ph.D. Thesis. Seattle, Washington, Washington University. 404 p.
- RAMIREZ, A.; HUAMAN, D. 1981. Evaluación de la enterotoxemia en crías de alpacas vacunadas. In *Convención Internacional sobre Camélidos Sudamericanos (4., Punta Arenas, Chile, 1981)*. Corporación Forestal Nacional e Instituto de la Patagonia. Noviembre. Resúmenes. p. 34.
- RAMIREZ, A.; ELLIS, R.P.; SUMAR, J.; LEYVA, V. 1985. *E. coli* enteropatógena en alpaca neonatal: aislamiento, intestino delgado e inoculación oral. In *Convención Internacional sobre Camélidos Sudamericanos (5., Cuzco, Perú, 1985)*. Resúmenes. Universidad San Antonio Abad. p. 34.

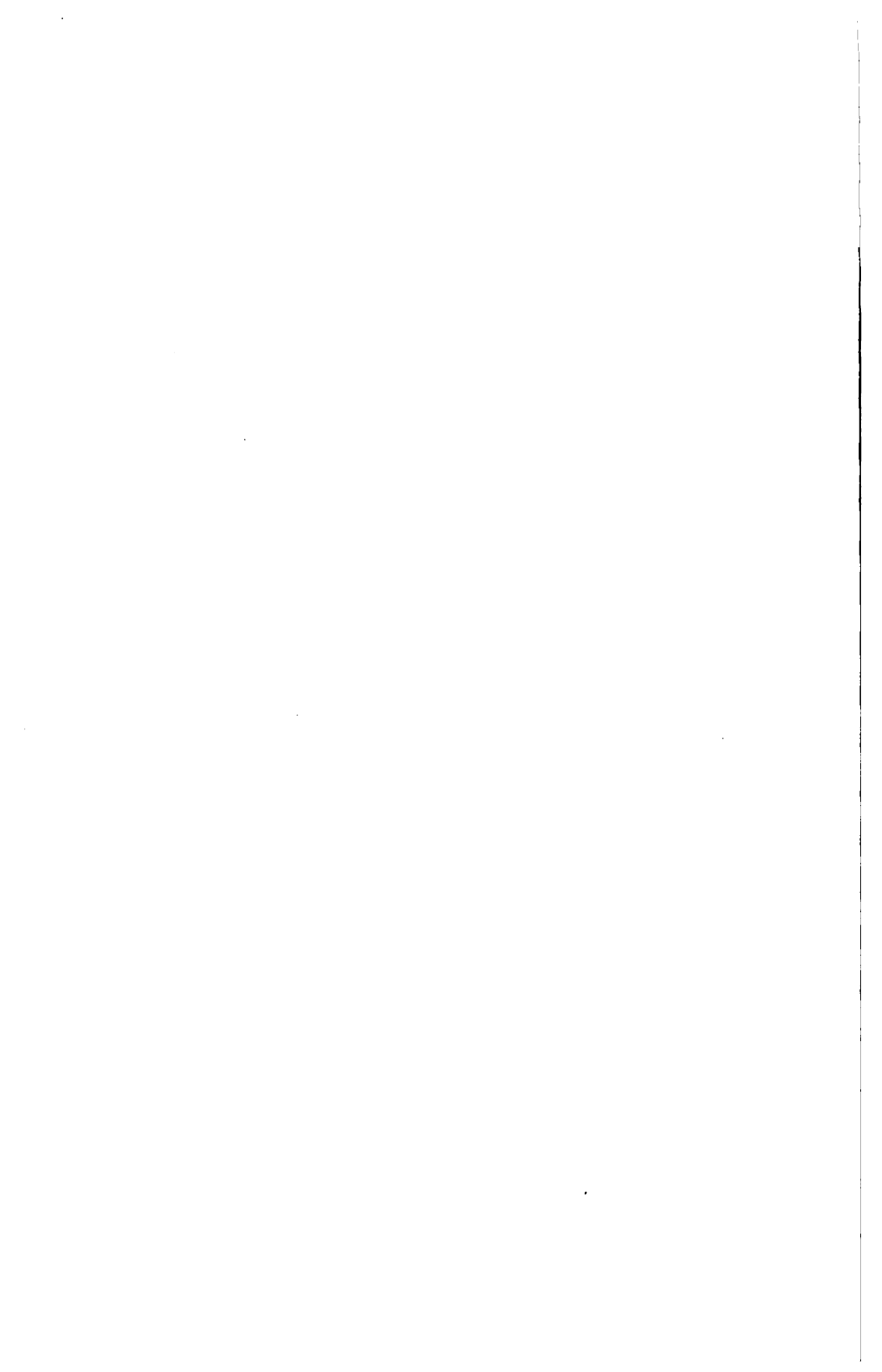
- RAMIREZ, A. 1987. Alpaca *Clostridium perfringens* type A enterotoxemia: Purification and assays of the enterotoxin. Ph.D. Thesis. Colorado, Colorado State University. 201 p.
- RODRIGUEZ, A.R. 1959. Ovulación en las alpacas. Tesis de Bachiller. Lima, Perú, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 74 p.
- SAN MARTIN, M.; COPAIRA, M.; ZUÑIGA, J.; RODRIGUEZ, R.; BUSTINZA, G.; ACOSTA, L.. 1968. Aspects of reproduction in the alpaca. *Journal of Reproduction and Fertility* 16:395-399.
- SCHMIDT, C.R. 1973. Breeding season and notes on some other aspects of reproduction in captive camelids. *International Zoo Yearbook (News)* 13:387-390.
- STEVEN, D.H.; BURTON, G.J.; SUMAR, J.; NATHANIELZ, P.W. 1980. Ultrastructural observations on the placenta of the alpaca (*Lama pacos*). *Placenta* 1:21-32.
- SUMAR, J.; NOVOA, C.; FERNANDEZ BACA; S. 1972. Fisiología reproductiva post-partum en la alpaca. *Revista de Investigaciones Pecuarias (Perú)* 1(1): 21-27.
- SUMAR, J.; SMITH, G.W.; MAYHUA, E.; NATHANIELZ, P.W. 1978. Adreno-cortical function in the fetal and newborn alpaca. *Comparative Biochemistry and Physiology* 59 A: 79-84.
- SUMAR, J.; LEYVA, V. 1979. Relación entre la ubicación del cuerpo lúteo y la localización del embrión en la llama (*Lama glama*). In *Proyectos de Investigación Realizados en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos: Resúmenes*.

Lima, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. p. 124.

SUMAR, J.; BRAVO, W. 1981. Efecto endocrino fisiológico del Receptal en alpacas. In Convención Internacional sobre Camélidos Sudamericanos. (4., Punta Arenas, Chile, 1981). Corporación Forestal Nacional e Instituto de la Patagonia. Noviembre. Resúmenes. p. 3

SUMAR, J. 1988. Removal of the ovaries or ablation of the corpus luteum and its effect on the maintenance of gestation in the alpaca and llama. *Acta Veterinaria Scandinavica* 83 (suppl.): 133-141.

SUMAR, J.; FREDRIKSON, G.; ALARCON, V.; KINDAHL, H.; EDGVIST, L.E. 1988. Levels of 15-keto-13,14-dihydro-PFG_{2a}, progesterone and oestradiol-17B after induced ovulations in llamas and alpacas. *Acta Veterinaria Scandinavica* 29:339-346.



CAPITULO VII

EVALUACION REPRODUCTIVA EN PORCINOS

Lilia Consuelo Velasco Zambrano

*Universidad Nacional de Colombia
Bogotá, Colombia*

CAPITULO VII

EVALUACION REPRODUCTIVA EN PORCINOS

Lilia Consuelo Velasco Zambrano^{1,2}

FISIOLOGIA DEL SISTEMA REPRODUCTIVO

Espermatogénesis y maduración del espermatozoides

La pubertad, definida como la edad en la cual comienzan a producirse espermatozoides viables, se alcanza a los 5 meses de edad pero el porcentaje de normalidad y la fertilidad tienden a incrementarse hasta los 18 meses (Lagerlof y Carlquist 1961). La producción diaria de espermatozoides al igual que su producción total, están íntimamente ligadas al tamaño testicular (Daza 1992).

Ciclo estral

El ciclo estral tiene una duración de 21 días, con un rango entre 18 y 24 días. La ovulación tiene lugar 40 horas después de la liberación de LH ó 34 ± 6 horas después de la aparición del estro (Dziuk 1977). Una cerda adulta libera entre 15 y 20 óvulos por ciclo estral; esta tasa de ovulación está influenciada por los niveles de

¹ M.V., Pig Improvement Company (PIC) Colombia, Apartado Aéreo 75599, Medellín, Colombia.

² Revisión y actualización por Astrid Johanna Arango Ulloa, Zootecnista, Universidad Nacional de Colombia, Apartado Aéreo 49665, Medellín, Antioquia, Colombia.

energía de la dieta (Edey *et al.* 1972; Moore *et al.* 1973), por factores genéticos, siendo su heredabilidad 0.42 ± 0.06 (Cunningham *et al.* 1979), y por factores ambientales (humedad del aire, temperatura ambiental y horas de luz) (Brooks y Cooper 1972, citados por Gordon 1997).

Mantenimiento de la preñez

La gestación en la cerda tiene una duración de 114 ± 2 días, influenciada en algún grado por aspectos raciales y con tendencia a ser menor en cerdas que paren camadas grandes (Dziuk 1977; Gordon 1997). En términos generales, la proporción de óvulos fertilizados es muy alta (100% en la mayoría de las hembras); sin embargo, las pérdidas embrionarias se estiman en 30-40%, como consecuencia de las restricciones en el medio ambiente uterino (Perry y Rowlands 1962). Para mantener la preñez se requieren hacia el día 12 post-concepción un mínimo de cuatro embriones (dos en cada cuerno) (Martin *et al.*, citados por Gordon 1997); sin embargo, la presencia de tejidos fetales (si se ha presentado mortalidad) de igual manera previene la luteólisis. El nivel mínimo de progesterona necesario para mantener la preñez es de 6 ng/ml, pero éste valor aún no se ha correlacionado con el número de fetos que sobreviven. La ocurrencia de muerte fetal después de los 30 días de preñez no es una situación común, sin embargo, si se sucede, generalmente es debida al efecto de factores extrínsecos, como agentes infecciosos.

RENDIMIENTO REPRODUCTIVO OPTIMO

Existen muchas descripciones de la "cerda ideal" y de su potencial rendimiento reproductivo. El Cuadro 1 muestra una lista de valores óptimos de una piara de reproducción en confinamiento y que pueden ser utilizados como marco de referencia para detectar problemas reproductivos.

PARAMETROS DE EFICIENCIA REPRODUCTIVA

Prolificidad

La prolificidad (tamaño de camada) se mide por el número de lechones nacidos por camada, incluyendo crías vivas, mortinatos y momias. Este parámetro es, regularmente, el primero que se analiza cuando se sospechan problemas reproductivos (Dial 1987).

El diagnóstico de las causas de aparición de camadas poco numerosas en la piara se hace difícil en razón a que puede ser el resultado de la sumatoria de varios factores que actúan simultáneamente. Por ello, se hace necesario realizar un proceso sistemático que permita determinar la naturaleza y magnitud de cada factor. Esta aproximación requiere de un mínimo de información registrada por lo menos durante seis meses (Dial 1995) y en relación con aspectos tales como:

1. *Factores de manejo:*

- No. de montas/ servicio
- Calidad de la monta
- Regulación en la monta (adecuado tiempo de monta en relación con el tiempo de ovulación)

2. *Nutrición:* Adecuado suministro de nutrientes durante la lactancia especialmente energía y proteína.

3. *Factores de la hembra:*

- Uso de líneas genéticas
- Duración de la lactancia
- Número de partos
- Edad y peso al primer servicio

4. *Enfermedades reproductivas:*

- Parvovirus porcino (PPV)
- Virus de la pseudorabia (enfermedad de Aujeszky) (PRV)
- Síndrome reproductivo y respiratorio porcino (PRRS)

5. *Ambiente:*

- Temperatura ambiental

- Epoca del año
- Movimiento de las cerdas antes de completar la implantación (<21 días)
- Alojamiento (cerdas alojadas en grupo vs. en jaulas individuales)

6. Factores del macho:

- Sobreuso
- Edad
- Diferencias individuales en machos
- Epoca climática

La *edad y peso al apareamiento*, por sí solos, no parecen tener un efecto importante sobre el tamaño de la camada (Rozeboon *et al.* 1996). A medida que la cerda aumenta de edad y peso se incrementa la tasa de ovulación pero se acompaña de mayores pérdidas embrionarias, dando como resultado que el incremento en el tamaño de la camada es menor que el aumento en la tasa de ovulación (English *et al.* 1985). Al primer parto, el tamaño de la camada está más influenciado por el número del celo, al cual la cerda es preñada, que por su edad o peso, ya que el número de óvulos desprendidos es menor en el primer celo; por esta razón se recomienda realizar el servicio al segundo o tercer celo.

La cerda híbrida produce alrededor de 5% (alrededor de ½ lechón/camada) más en comparación con las cerdas puras (English *et al.* 1985).

Cuadro 1. Metas reproductivas para una piara de cría en confinamiento.

Cubriciones	
Primerizas ciclando a los 180 días edad, %	>90
Intervalo entrada a la piara - 1er servicio, días	60
No. montas/servicio	3
Relación macho:hembras	
Monta natural	1:25
Inseminación artificial	1:100
Uso del reproductor, servicios por semana	
De 7 a 9 meses	2
De 9 a 11 meses	3
Mayores de 11 meses	4-6
Repeticiones, %	8
Cíclicas	6
Acíclicas	2
Retorno al estro 7 días post destete, %	85
Descargas vaginales durante la gestación que causan fallas reproductivas, %	1.5
Abortos, %	1.5
Partos	
Tasa de parición, %	85-90
Nacidos totales/camada	11.1
Nacidos vivos/camada	10.4
Mortinatos, %	<5
Momias, %	<3
Destete a 21 días	
No. lechones destetados/camada	9.5
No. lechones destetados/cerda/año	23 a 25
Mortalidad de lechones predestete, %	5 a 8
Población	
Camadas/hembra/año	2.4 a 2.45
Días no productivos (desde la entrada a la piara)	70
Reemplazos, %	40
Descarte, %	34
Mortalidad de cerdas, %	6

El "flushing", o limitación de la ingestión de alimento de las primerizas en la última parte de la crianza, para luego aumentarla 50-100% durante 10 a 14 días antes del apareamiento en el segundo celo y reduciéndola a niveles normales inmediatamente después del mismo (Dial 1987; Aquiles y Hevia 1997), aumenta la tasa de ovulación hasta en dos óvulos e incrementa hasta en un lechón el tamaño de camada.

Las hembras primiparas alimentadas con más de 3.5 kg/día durante el período destete-servicio presentan mayores tasas de ovulación y mayor tamaño de camada que aquellas alimentadas con <2.0 kg/día (Dial 1987). En las hembras múltiparas no se ha encontrado el mismo efecto (English *et al.* 1985).

La tasa de concepción y el tamaño de camada parecen ser superiores cuando el apareamiento o la inseminación se realiza 10 a 12 horas (y máximo hasta 20 horas) antes de la ovulación. Además, se ha observado que cerdas servidas tres veces durante el estro a intervalos de 24 horas tienen mayor tamaño de camada que aquellas servidas sólo dos veces (Swierstra y Rahnefeld 1972; Rasbech 1979) e incrementan el tamaño de la camada en 1.3 lechones (Tilton 1982, citado por Gordon 1997). Se admite que el número de montas por estro y el intervalo de tiempo entre ellas influye sobre el tamaño de la camada y sobre el porcentaje de parición, aunque un mayor tamaño de camada va acompañado por un aumento en el porcentaje de mortinatos y momias (Dan y Summers 1996).

En primerizas, cuando se aumenta el número de montas de uno a dos, ocurre un aumento de 0.3 lechones en el tamaño de la camada (Koketsu y Dial 1997).

Existe controversia sobre la influencia que ejerce el *tipo de servicio* sobre el tamaño de la camada. Mientras unos estudios demuestran que el tamaño de la camada es mayor con servicios homospérmicos, otros no encuentran ventajas en comparación con el servicio heterospérmico. Este último, es el más recomendado en granjas tipo comercial siempre y cuando no se requiera evaluar la fertilidad individual de los reproductores (Liptrap *et al.* 1983; Dial *et al.* 1992; Daza 1992).

El uso de semen de regular calidad (alto porcentaje de espermatozoides defectuosos) tiene influencia sobre el tamaño de la camada al nacimiento y el número de lechones nacidos vivos, por el incremento en la tasa de mortalidad embrionaria (Rahnefeld y Swierstra 1970; Egbunike 1982). La sobreutilización de los machos (hasta 6-8 veces/semana) no afecta el tamaño de camada (Swierstra y Dyck 1976; Hemsworth *et al.* 1983); la razón es que el uso excesivo de los reproductores no determina un incremento en la incidencia de espermatozoides inmaduros en el eyaculado, aunque sí la reducción del volumen seminal, la concentración celular espermática y el espermatozoides total por eyaculado (Hurtgen *et al.* 1980). Lo contrario sucede cuando se utilizan servicios muy espaciados, puesto que se produce un envejecimiento de los espermatozoides, disminuyéndose como consecuencia el poder fecundante del semen (Daza 1992).

La edad del macho es importante para definir la frecuencia de su utilización (Daza 1992). En la práctica, el ritmo de utilización de machos correctamente alimentados es:

De 7 a 9 meses de edad	2 saltos/semana
De 9 a 11 meses de edad	3 saltos/semana
Mayores de 11 meses	4-6 saltos/semana

Cuando se habla de calidad en la monta se refiere a garantizar el máximo de higiene en ésta, tanto de machos como de hembras, y a la eficaz vigilancia desde el contacto hasta la cópula (evitando que el pene penetre por el ano) y, posteriormente, que el reproductor se quede el tiempo necesario para garantizar un buen eyaculado con un suficiente número de espermatozoides fértiles y un adecuado volumen seminal. Si se cuenta con un servicio de inseminación artificial, se deben seguir los diferentes detalles exigidos en el proceso (PIC 1996a).

El tamaño de camada usualmente es pequeño al primer parto y alcanza su máximo entre el tercero y el sexto. Muirhead (1997), por ejemplo, encontró un total de 10.3 crías vivas al primer parto, 11.3 al segundo, 11.7 entre el tercero y el quinto y 12.2 después del octavo parto.

La duración de la lactancia guarda una relación negativa con el intervalo destete-servicio y positiva con el tamaño de la camada. Lactancias mayores de 25 días, independientemente del número de parto, resultan en una reducción del intervalo destete - servicio y generalmente un incremento en el tamaño de camada al parto siguiente (Dagorn *et al.* 1996). Este fenómeno es más pronunciado en lactancias de menos de cuatro semanas, donde se ha estimado una reducción de 0.1 lechones por día de disminución en la duración de la lactancia (Svajgr *et al.* 1974; Walker *et al.* 1979). No es muy clara la razón por la cual la anterior relación se establece, pero parece más atribuible a la mortalidad embrionaria alrededor del tiempo de implantación que a fallas en la fertilización o pérdidas preimplantación (Varley y Cole 1976, 1978).

Los patógenos que comúnmente afectan el tamaño de la camada son el PVP, PRV, PRRS, *Leptospira* spp. y

ocasionalmente enterovirus. Dependiendo del momento de la gestación durante el cual el feto o la placenta estén expuestos a contaminación por patógenos, se observa una disminución en el tamaño de la camada con o sin incremento en el número de momias.

La *temperatura ambiental* tiene efecto sobre el tamaño de camada debido a la disminución de la tasa de ovulación y al incremento de la mortalidad embrionaria (especialmente durante las primeras tres semanas de preñez). De igual manera, altas temperaturas ambientales ejercen un efecto negativo sobre la sobrevivencia postnatal tanto de los lechones como de las cerdas (Hennessy y Williamson 1984).

Existe controversia sobre los rendimientos reproductivos según la forma de alojar las hembras durante el periodo posdestete. Algunos autores han señalado que el agrupamiento de cerdas está relacionado con un retorno mas consistente al celo, menor problemática de concepción y un intervalo destete-servicio mas corto (Daza 1992). El alojamiento en grupos puede tener algunos inconvenientes, por el estrés impuesto a las cerdas después del destete, y producir efectos reproductivos muy diferentes, dependiendo esto del número de cerdas, el espacio proporcionado, las distracciones y la competencia por alimento (English *et al.* 1985). Se menciona que con esta practica, las cerdas pueden amontonarse para producir calor lo que redundaría en una menor necesidad de alimento para mantenerse y en la recuperación de su condición física post-destete (English *et al.* 1985).

Tasas de concepción y de parición

La *tasa de concepción* puede estimarse como la proporción de hembras servidas que no muestran signos de retorno al estro durante el período esperado de 18-24 días post servicio. También puede ser calculada como la proporción de hembras servidas a las cuales se les detecta preñez positiva por medio de ultrasonido, 28-35 días post servicio (Hunter 1977). Este parámetro se ve afectado por los siguientes factores (Dial 1987):

1. Factores del reproductor:

- Edad
- Enfermedad
- Época climática
- Elevada temperatura ambiental
- Intensidad en el uso

2. Factores de la hembra:

- Duración de la lactancia
- Intervalo destete – servicio
- Enfermedades reproductivas (sistémicas- urogenitales)
- Micotoxicosis
- Temperatura
- Número del parto

3. Factores de manejo:

- Detección deficiente del estro
- Inadecuado momento al servicio

- Escaso número de servicios/estro
- Tipo de servicio
- Intensidad en el uso de los reproductores
- Calidad del servicio
- Empleo de inseminación artificial

La *tasa de parición* se refiere a la proporción de hembras que mantienen su preñez hasta término y puede verse afectada por la viabilidad de los fetos y por la habilidad de la hembra para mantener la preñez. Las pérdidas parciales de la camada se manifiestan al parto como camadas de tamaño reducido, mientras que la mortalidad total de la misma es seguida por un retorno al estro en un intervalo irregular (i.e., >25 días post-servicio). Una reabsorción completa puede ocurrir hasta aproximadamente 30 días de gestación, periodo después del cual la muerte fetal tiene como consecuencia la maceración o la momificación del feto puesto que ya ha comenzado la osteogénesis (Flint *et al.* 1982; Mengeling 1986).

La tasa de parición se calcula así:

$$\% \text{ parición} = \frac{\text{No. de hembras paridas durante el período}}{\text{No. de hembras servidas durante el período}} \times 100$$

Cuando se calcula la tasa de parición es necesario minimizar el impacto de hembras descartadas después del servicio por razones no relativas a la fertilidad (Dial *et al.* 1992).

El sistema inmunológico del feto comienza a desarrollarse a los 55-60 días de edad y la inmunocompetencia se presenta aproximadamente a los 70 días; por esta razón, la exposición

transplacentaria a agentes patógenos fetotrópicos comúnmente ocasiona la muerte del feto si no se da una respuesta rápida del sistema inmunológico (Flint *et al.* 1982; Mengeling 1986).

Dentro de los factores que afectan la habilidad de la hembra para mantener la preñez deben tenerse en cuenta (Dial 1995):

1. Enfermedades reproductivas:

- PPV
- PRV
- PRRS
- Leptospirosis

2. Factores de la cerda:

- Genética
- Disfunción endocrina
- Parto
- Duración de la lactancia
- Intervalo destete – servicio

3. Nutrición:

- Aditivos
- Suministro de energía
- Micronutrientes
- Micotoxicosis

4. Ambiente:

- Alojamiento
- Movimiento
- Temperatura
- Estación del año

Camadas/hembra/año

El número de camadas por hembra por año (CHA) se calcula a partir del número de hembras que parieron durante el año o período de análisis, dividido por el número de hembras en inventario 114 días antes. Cuando el período analizado es menor a un año, el cálculo debe ajustarse a una base anual:

$$\text{CHA} = \frac{\text{Hembras paridas durante el período}}{\text{Inventario de hembras 114 días antes}} \times \frac{365}{\text{Días del período}}$$

Al calcular el número de camadas/hembra/año es más razonable contar a la cerda joven como parte de la piara de reproducción, siempre y cuando tenga el peso y edad aptos para tal circunstancia (i.e., 90 kg de peso vivo), y tratar a todas las cerdas como miembros de la piara hasta su eliminación por desecho o muerte (English *et al.* 1985).

El número de camadas que una cerda puede tener en un año depende de varios factores que son propios de cada piara, tales como:

- Cronograma de partos

- Duración de la lactancia
- Tasa de concepción
- Tasa de parición

En la porcicultura tecnificada, se está adoptando como práctica común el que las cerdas sean servidas y parán en grupos con diferentes intervalos, facilitando así las labores de manejo y contratación extra de mano de obra. La práctica de tener partos regulares cada 2, 3 o 4 semanas, disminuye el intervalo entre partos e incrementa el número de lechones/hembra/año (Dial 1987).

Lechones destetados/hembra/año

El número de lechones destetados/hembra/año (DHA) representa uno de los parámetros de uso más frecuente para evaluar el rendimiento reproductivo de una pira (Dial 1987) y puede calcularse como:

$$\text{DHA} = \frac{\text{Número total de lechones destetados}}{\text{Inventario de hembras 140 días antes}} \times \frac{365}{\text{Días del periodo}}$$

Las lactancias cortas (21 días o menos) permiten mayor número de partos por año, mejorando la utilización de las instalaciones (partos/jaula/año). Por ello, se está generalizando la práctica de realizar el destete a las tres semanas postparto, no obstante puedan afectarse la sobrevivencia y ganancia de peso post-destete de los lechones si no se tienen buenas condiciones de alojamiento, manejo y nutrición. En la actualidad se ha

comprobado que pjaras donde se dan estas condiciones el intervalo destete-servicio, el tamaño de camada y la tasa de parición del destete a los 21 días difieren muy poco de las pjaras donde se practica el destete a una mayor edad (PIC 1996b).

Intervalo destete-estro

El destete origina una abrupta aceleración en el crecimiento de los folículos con el correspondiente incremento en la producción de estrógenos por parte del ovario. En una pjara eficiente más del 85% de las hembras debe retornar al estro en menos de siete días post destete. El porcentaje deseado para primerizas debe ser mayor que 75% y de las multiparas mayor que 90% (Dial 1995).

Existen varios factores que tienen influencia sobre la habilidad de la hembra para retornar al celo en ese corto periodo (Dial 1995):

1. Manejo:

- La exposición del macho post-destete reduce el intervalo
- Apropiaa detección del estro
- Duración de la lactancia

2. Nutrición:

La presencia de Zearalenona en el alimento puede causar infertilidad y demora en el retorno al estro.

3. Factores de la cerda:

- Genética
- Duración de la lactancia
- Número del de parto

4. Medio ambiente

5. Estación del año

Intervalo entre la adición a la piara de una primeriza de reemplazo y la concepción

Calcular este intervalo puede ser engañoso ya que si se registran primerizas cuando son servidas por primera vez, este intervalo es más corto (ya que no se tiene en cuenta el período de aclimatación). Las primerizas deben entrar a la piara el día de la selección o, en caso de ser compradas, el día que entraron a la granja (Di Pietre 1998).

La aparición de la pubertad está influenciada principalmente por la edad, la raza y el contacto con el macho; pero, también influyen el nivel nutricional, el clima, las instalaciones y el manejo; su heredabilidad es de 0.30. La edad es mejor indicador de madurez sexual que el peso y/o la tasa de crecimiento.

La consanguinidad tiende a retardar la aparición de la pubertad en tanto que los cruzamientos se asocian a pubertades más tempranas (aproximadamente 20 días antes que el promedio de los animales de las razas puras que la originaron).

La presencia del reproductor entre las hembras de reemplazo acelera su pubertad. El efecto se produce por influencia de una hormona liberada por el reproductor y que se encuentra en la saliva (feromona 3- α andosterol) y el estímulo directo (visual, auditivo y de olor) entre el reproductor y las hembras. Se considera que 30 minutos diarios de exposición directa son más efectivos que una exposición continua. Este mecanismo puede maximizarse eligiendo el reproductor más apropiado (Castro 1996). En este sentido, los machos de 10 a 11 meses de edad, en los que la producción de feromonas es importante, son los más indicados.

Cerdos que cubren con regularidad muestran mayor interés por las cerdas y desarrollan un comportamiento más activo que estimula más a la cerda. Si se utiliza el mismo cerdo, se corre el riesgo que se presente un acostumbamiento de la primeriza a los estímulos de la feromona perdiéndose así el efecto de choque en su sistema hormonal.

En piaras que no cuentan con la adecuada genética para producir cerdos magros, se practica la restricción de alimento a los cerdos destinados a producir canales magras. Si esta práctica, muy discutida, se aplica a las hembras de reemplazo (55-90 kg), se retrasa su pubertad en más de una semana, en comparación con las cerdas alimentadas a voluntad.

En cerdas que se alojan en jaulas hay una demora de hasta 35 días en la presentación del celo respecto a las alojadas en grupo (Castro 1996).

El estrés generado por el traslado de las hembras al lugar de apareamiento hace que éstas muestren celo entre cuatro y

siete días post-traslado y éste se considera anovulatorio. Solo queda gestante una de cada 20 cerdas, aproximadamente, debido a simples coincidencias de este celo con la ovulación natural de la cerda (Castro 1996).

Problemas de higiene en las instalaciones (como cuadras sucias o fosas llenas) causan altas concentraciones de amoníaco el que interfiere con la feromona del macho y, consecuentemente, con el estímulo del comportamiento sexual de la hembra (Castro 1996).

Días improductivos/cerda/año

Los periodos productivos en la vida de la cerda son la gestación y la lactancia. Sin embargo, las cerdas en periodos improductivos consumen alimento y utilizan instalaciones, desde su selección como reemplazo hasta la primera concepción, entre cada intervalo destete-concepción y durante el intervalo último destete-descarte. Según Dial (1995), este parámetro depende principalmente de:

- Tasa de concepción
- Tasa de parición
- Detección de preñez
- Manejo de las primerizas
- Manejo de las cerdas de descarte
- Intervalo destete - servicio

La duración de la lactancia afecta el número de camadas por año, el número de días improductivos/cerda/año y el número de crías obtenidas por cerda (Cuadro 2).

Se debe tener en cuenta que los chequeos de preñez deben ser sistemáticos a lo largo de la gestación y pueden producirse fallas en el método de detección que hacen que se consideren cerdas como preñadas durante largos periodos de tiempo (Zuluaga *et al.* 1996).

Cuadro 2. Pérdida de lechones ocasionada por el período improductivo.

	Días de Lactancia			
	17	23	35	44
Camadas/cerda/año	2.31	2.24	2.05	1.94
Ciclo reproductivo normal:				
Gestación	114	114	114	114
Lactancia	17	23	35	44
Destete-concepción	7	7	7	7
Totales (A)	138	144	156	165
Camadas/cerda/año (teórico) (365/A)	2.64	2.53	2.34	2.21
Diferencia teórico-real				
Camadas/cerda/año (B)	0.33	0.29	0.29	0.27
Pérdida de destetes potenciales 9 lechones x B	2.97	2.61	2.61	2.43

MANEJO DE LOS REGISTROS DE LA PIARA DE REPRODUCCION

Sin un adecuado sistema de registros, las decisiones relacionadas con el control de la productividad no tienen bases confiables; por el contrario, responden a decisiones tomadas por el productor (según tendencias del medio) o por el asesor técnico (según su criterio profesional). En la actualidad, debido a los altos costos fijos y variables de los sistemas de producción en confinamiento, tanto el productor como su asistente técnico han visto la necesidad de monitorear muy de cerca la piara. Para ello, se analizan los registros de actividades, el flujo de animales, el inventario, la eficiencia reproductiva y el rendimiento individual por animal. Los resultados permiten identificar aquellos parámetros deficientes, pero con potencial para ser mejorados, aprovechando el dinámico desarrollo que han tenido los esquemas de recolección de datos, modelos analíticos y programas interdisciplinarios de salud y producción animal.

A continuación se listan una serie de registros de importancia para guiar el diagnóstico y el análisis de los problemas reproductivos (Stein 1990):

1. *Identificación adecuada de los reproductores y las cerdas de cría:*
 - No. de la cerda
 - Fecha de nacimiento
 - Padres
 - Raza

- Localización dentro de la granja
- Fecha de entrada
- Número de partos de las hembras de reproducción

2. *Servicios:*

- Fecha
- Número de servicios/celo (hora, dosis)
- Calidad del servicio (1,2,3: bueno, moderado, malo)
- Reproductor(es) empleado(s)
- Tipo de servicio: Monta natural o inseminación artificial
- Prueba de preñez (fecha y resultado)
- Intervalo destete-servicio
- Observaciones
- Abortos (fecha, hallazgos)
- Falla al parto (fecha)

3. *Parto:*

- Fecha real del parto
- Total de lechones nacidos
- Lechones nacidos vivos, mortinatos, momias
- Peso de la camada al nacimiento
- Identificación individual de los lechones
- Historia del parto (duración, intervención)

4. *Lactancia:*

- Duración de la lactancia
- Mortalidad de lechones (fecha y causa)

- Adopción de lechones entre cerdas
- Enfermedades y tratamientos de la cerda y su camada

5. Destete:

- Fecha
- Total de lechones destetados
- Peso de la camada al destete

6. Descartes:

- Fecha
- Causa

Actualmente se cuenta con programas de microcomputador que permiten la integración de la medicina veterinaria, la zootecnia y la economía y son de gran utilidad en la evaluación reproductiva y productiva de la empresa porcina. Al sistematizar la información pertinente, dos tipos de resumen del comportamiento reproductivo de la piara pueden ser obtenidos: (1) número de actividades o eventos necesarios para mantener la producción y el flujo de lechones en los niveles deseables, i.e., número total de servicios y partos/semana, número de lechones nacidos vivos/mes y (2) eficiencia de la piara o de una actividad dentro de la misma, i.e., tasa de parición, porcentaje de animales con diagnóstico de preñez positivo, etc.

Dentro del adecuado manejo de conceptos en un sistema de registros deben considerarse las metas previamente establecidas y las diferencias con los niveles mínimos aceptables del rendimiento de la piara. Cuando un índice de productividad se encuentra por

debajo de dichos niveles, se deben realizar el diagnóstico y la acción correctiva necesaria. Si el asistente técnico está en capacidad de identificar y priorizar los problemas, de formular acciones tendientes a introducir mejoras en la pira y de medir posteriormente el efecto de la tecnología, el productor apreciará su eficiencia y los beneficios de manejar un adecuado sistema de registros y de información.

LITERATURA CITADA

AQUILES, A; HEVIA, M.L. 1997. Factores que afectan a la pubertad de la cerda. *Agricultura: Revista Agropecuaria* 778 (abril 1997): 409-412.

CASTRO, G, 1996. Technical Update. . Franklin, Kentucky, Pig Improvement Company (PIC) USA. Vol.1, No.2, 4 p. ; Vol 1, No.4, 4 p.

CUNNINGHAM, P.J.; ENGLAND, M.E.; YOUNG, L.O.; ZIMMERMAN, D. 1979. Selection for ovulation rate in swine: Correlated response in litter size and weight. *Journal of Animal Science* 48:509.

DAGORN, J.; COZLER, Y. Le; AUMAITRE, A.; COZLER, Y. Le. 1996. Influence of lactation length on reproductive performance and litter size of sows in French herds. *Journées de la Recherche Porcine en France* 28:287-294.

- DAN, T.T.; SUMMERS, P.M. 1996. Reproductive performance of sows in the tropics. *Tropical Animal Health and Production* 28(3):247-256.
- DAZA, A.; 1992. Manejo de la reproducción en el ganado porcino. Madrid, España, Aedos Editorial Mundi Prensa. p. 160.
- DI PIETRE, D. 1998. Correlating performance with profit: Working the new pork production and financial standards. In *World Pork Symposium: Beginning the next decade of success*. Des Moines, Iowa, World Pork Expo. p. 106-119.
- DIAL, G.D. 1987. Optimizing reproductive performance and establishing new horizons for sow productivity. *American Association of Swine Practitioners. [Proceedings]*. Indianapolis, Indiana. p. 151-174.
- DIAL, G.D.; MARSH, W.E.; POLSON, D.D.; VAILLANCOURT, J.P. 1992. Reproductive failure: differential diagnosis. In *Diseases of swine*, 7 ed. A.D. Leman, B.E. Straw, W.L. Mengeling, S. D'Allaire, D.J. Taylor (Eds.). Ames, Iowa, Iowa State University Press. p. 88-137.
- DIAL, G.D. 1995. Reproductive performance of swine. Minneapolis, Minnesota. University of Minnesota, College of Veterinary Medicine. Bulletin. 77 p.
- DZIUK, P.J. 1977. Reproduction in pigs. In *Reproduction in domestic animals*. H.H. Cole, P.T. Cupps (Eds.). New York, Academic Press. p. 455-474.

- EDEY, T.N.; CLARK, J.R.; FIRST, N.L.; CHAPMAN, A.B.; CASIDA, L.E. 1972. Ovarian response to fasting following high and low planes of nutrition in puberal gilts. *Journal of Animal Science* 35:1223
- EGBUNIKE, G.N. 1982. Sire effect on conception rate and litter size in a hot humid environment. *Zeitschrift fur Tierzuchtung und Zuchtungsbiologic* 99:18-25.
- ENGLISH, P.R.; SMITH, W.J.; MacLEAN, A. 1985. La cerda: Cómo mejorar su productividad. In *El Manual Moderno*. 2 ed. Trad. del inglés por Raúl Schinca Felitti. México, D.F.
- FLINT, A.P.F.; SAUNDERS, P.T.K.; ZIECIK, A.J. 1982. Blastocyst-endometrium interactions and their significance in embryonic mortality. In *Control of pig reproduction*. D.J.A. Cole, G.R. Foxcroft (Eds.). London, Butterworth Scientific. p. 253-275.
- GORDON, I. 1997. *Controlled reproduction in pigs*. New York, NY. CAB International. 247 p.
- HEMSWORTH, P.H.; WINFIELD, C.G.; HANSEN, C. 1983. High mating frequency for boars: Predicting the effects on sexual behavior, fertility and fecundity. *Animal Production* 37:409-413.
- HENNESSY, P.E.; WILLIAMSON, P.E. 1984. Stress and summer infertility in pigs. *Australian Veterinary Journal* 61(7):212-215.
- HUNTER, R.H.F. 1977. Physiological factors influencing ovulation, fertilization, early embryonic development and establishment of pregnancy in pigs. *British Veterinary Journal* 133:461.

-
- HURTGEN, J.P.; LEMAN, A.D.; CRABO, B. 1980. Seasonal influence on estrous activity in sows and gilts. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 176:119-123.
- KOKETSU, Y.; DIAL, G.D. 1996. Factors influencing the postweaning reproductive performance of sows on commercial farms. *Theriogenology* 47(7):1445-1461.
- LAGERLOF, N.; CARLQUIST, H. 1961. The semen of boars of the Yorkshire breed between the ages of five and nine months. 4th. International Congress of Animal Reproduction and Artificial Insemination. [Proceedings]. 4:818
- LIPTRAP, D.O.; ZAVOS, P.M.; REESE, D.E. 1983. The influence of the boar on farrowing rate and litter size. Lexington, University of Kentucky. Swine Research Progress Report 274:52-53.
- MENGELING, W.L. 1986. Porcine parvovirus. In: *Diseases of swine*. A.D. Leman; B. Straw.; R.D. Glock R.D.; W.L. Mengeling.; R.H.C. Penny, E. Scholl (Eds.). Ames, Iowa State University Press. p. 411-424.
- MOORE, C.P.; DUTT, R.M.; HAYS, V.W.; CROMWELL, G.L. 1973. Influence of one-day or conventional flushing on ovulation rate and litter size at 28 days of gestation in gilts. *Journal of Animal Science* (37):734.
- MUIRHEAD, M.R. 1997. *Managing pig health and treatment of disease: A reference for the farm*. 5 ed. T.J.L. Alexander (ed.). México, Enterprises Ltd. 595 p.

- PERRY, J.S.; ROWLANDS, I.W. 1962. Early pregnancy in the pig. *Journal of Reproductive Fertility* 1:71-83.
- PIG IMPROVEMENT COMPANY (PIC). 1996a. Manual PIC de producción porcina. 1 ed. Medellín, Col., PIC. 82 p.
- PIC. 1996b. Noti Camborough (revista de difusión de PIC Colombia para productores con genética PIC), abril-junio 1996, No. 7:31-32. Medellín, Col. Servigráfica Ltda.
- RAHNEFELD, G.W.; SWIERSTRA, E.E. 1970. Influence of the sire on the litter size in swine. *Canadian Journal of Animal Science* 50:671-675.
- RASBECH, N.O. 1979. A review of the causes of reproductive failure in swine. *British Veterinary Journal* 125:599-614.
- ROZEBOON, D.W.; PETTIGREW, J.L.; MOSER, R.L.; CORNELIUS, S.G.; EL-KANDELGY, S.M. 1996. Influence of gilt age and body composition at first breeding on sow reproductive performance and longevity. *Journal of Animal Science* 77(1):138-150.
- STEIN, T.E. 1990. Interpreting production data from swine breeding herds. *Agri-Practice* 11(1):30-34.
- SVAJGR, A.J.; HAYS, V.W.; CROMWELL, G.L. 1974. Effect of lactation duration on reproductive performance of sows. *Journal of Animal Science* 38:100-105.

SWIERSTRA, E.E.; RAHNEFELD, G.W. 1972. Effects of cold stress and repeat mating in reproductive performance of swine. *Canadian Journal of Animal Science* 52:309-316.

SWIERSTRA, E.E.; DYCK, G.W. 1976. Influence of the boar and ejaculation frequency on pregnancy rate and embryonic survival in swine. *Journal of Animal Science* 42:455-460.

VARLEY, M.A.; COLE, D.J.A. 1976. Studies in sow reproduction. 5. The effect of lactation length of the sow on the subsequent embryonic development. *Animal Production* 22:79-85.

VARLEY, M.A.; COLE, D.J.A. 1978. Studies in sow reproduction. 6. The effect of lactation length on preimplantation losses. *Animal Production* 27:209-214.

WALKER, N.; WATT, D.; MacLEOD. 1979. The effect of weaning at 10, 25 or 40 days on the reproductive performance of sows from the first to the fifth parity. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 92:449-456.

ZULUAGA, G. J. 1997. Análisis económico de la eficiencia reproductiva en una granja porcina de cría. Tesis de pregrado. Medellín, Universidad de Antioquia. 176 p.

CAPITULO VIII

EVALUACION REPRODUCTIVA DE CUYES

César Novoa y Lilia Chauca

*Universidad Nacional Mayor de San Marcos e
Instituto Nacional de Investigación Agraria, respectivamente
Lima, Perú*



CAPITULO VIII

EVALUACION REPRODUCTIVA DE CUYES

César Novoa¹ y Lilia Chauca²

INTRODUCCION

El cuy doméstico (*Cavia porcellus*) es conocido mundialmente como animal de laboratorio pero como productor de carne tiene importancia sólo en los países Andinos de Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia. En estos países, la crianza del cuy es principalmente de tipo familiar y forma parte de los sistemas agrícolas de los pequeños productores, para quienes la mayor ventaja radica en su bajo costo de crianza en nutrición, salud, manejo e inversión en instalaciones. Gracias a su digestión cecal, el cuy consume y aprovecha una gran variedad de forrajes fibrosos, incluyendo desperdicios de cocina, pastos y sub-productos de cosecha, usualmente disponibles en el predio del pequeño productor. Los cuyes se adaptan bien a una variedad de climas desde el nivel del mar hasta las elevadas altitudes de los Andes, su carne contribuye a la dieta del poblador rural y a menudo a sus ingresos en efectivo.

¹ Ph. D., Profesor Emérito, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

² Zootecnista, Proyecto Sistemas de Producción de Cuyes, Instituto Nacional de Investigación Agraria - Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo. Lima, Perú.

La capacidad reproductiva es una característica ampliamente reconocida en el cuy y de ella depende, en gran medida, la eficiencia biológica y económica de su explotación. El presente documento integra información sobre aspectos relevantes de la fisiología reproductiva, analiza algunos resultados sobre eficiencia reproductiva y ofrece medidas útiles para evaluarla y mejorarla, así como sugerencias sobre necesidades de investigación.

FISIOLOGIA REPRODUCTIVA

En su habitat natural, el cuy se reproduce todo el año aunque se registran algunas variaciones estacionales en la producción de animales destetos, atribuibles a variaciones en la disponibilidad de alimento (Chauca y Zaldívar 1989).

La edad de la pubertad varía de 33 a 134 días con un promedio de 88 días (Asdell 1964) pudiendo registrarse servicios en hembras, hasta de 20 días de edad (Ibsen 1950). Bajo condiciones usuales de crianza en el Perú, la hembras inician su actividad reproductiva a una edad que fluctúa entre 55 y 70 días de edad y en condiciones de buena alimentación, entre 45 y 60 (Zaldívar y Chauca 1975; Chauca *et al.* 1986). El peso a la pubertad, mejor indicador para iniciar la reproducción que la edad, es de 542 g (Zaldívar 1986) y tiene un efecto importante sobre el tamaño de la camada y el peso individual de las crías al nacimiento y destete. La pubertad en el macho, medida con base en la presencia de espermatozoides en el eyaculado obtenido por electroeyaculación, ocurre a las 12 semanas de edad, con un peso vivo de 611 g (Freund 1962).

El ciclo estral tiene una duración de 16 días, con variaciones individuales de 12 a 20 días. El celo tiene una duración de 8.3 horas, al final del cual ocurre la ovulación en forma espontánea; no obstante, el 64% de las hembras presentan celo fértil 2-3 horas postparto pero con una duración de sólo 3.3 horas (Asdell 1964; Labhsetwar y Diamond 1970). La duración de la gestación es de 68 días, con una variación entre 59 y 74 días, y tiene una relación inversa al tamaño de la camada (Wright 1960; Paterson 1972).

Dependiendo del régimen de crianza, una hembra de cría produce dos a cuatro camadas por año con un tamaño de camada de una a cuatro crías por camada, aunque se han registrado excepcionalmente hasta 8 crías (Smith 1962; Zaldivar 1981; Zaldivar 1986). Existe correlación positiva entre el peso de la madre al parto y el tamaño de la camada (Dudley 1976; Zaldivar 1986). Las crías nacen en un estado avanzado de desarrollo, tienen la piel cubierta de pelo, los ojos abiertos y comienzan a comer a las pocas horas de nacidas. Los pesos al nacimiento fluctúan de 70 a 110 g pero en linajes mejorados este peso es de 130 g (Jara-Almonte y Castro 1975) y en partos de una sola cría hasta 150 g. Los animales con pesos inferiores a 40-50 g usualmente mueren. El destete ocurre hacia la tercera semana (Zaldivar 1981).

EFICIENCIA REPRODUCTIVA

Aspectos generales

Bajo el sistema de crianza tradicional, el cual es predominante, hembras y machos están en asociación continua

todo el año. En esta situación, las hembras juveniles son servidas precozmente, los animales de menor tamaño son mal alimentadas por la competencia con los adultos, ocurre consanguinidad y se presenta una selección negativa de los reproductores dado que los animales de mejor desarrollo son sacrificados para la venta o autoconsumo.

El manejo de los lotes de apareamiento tiene un efecto importante sobre el número de crías al nacimiento y al destete (Cuadro 1). Si se compara un sistema tradicional (30 hembras y 3 macho manejados en una poza de 1.2 x 4.0 x 0.45 m) con un sistema mejorado (7 hembras y 1 macho manejados en una poza de 1.0 x 1.5 x 0.45 m), se observa un pobre comportamiento reproductivo en el primero debido a que genera problemas por competencia de alimento (Higaona *et al.* 1989a). Esta deficiencia de manejo se expresó también en un menor peso de las crías al destete y una mayor mortalidad de madres.

Cuadro 1. Resultados de dos pariciones sucesivas en cuyes bajo dos métodos de empadre.

Parición	Método de empadre	n	Crías nacidas	Crías destetadas	Crías muertas
1	Tradicional	150	62 (41)	43 (29)	19 (31)
	Mejorado	91	141 (155)	129 (142)	12 (8)
2	Tradicional	128	32 (25)	16 (12)	16 (50)
	Mejorado	89	131 (147)	115 (129)	16 (12)

% entre paréntesis

Método tradicional: 30 hembras y 3 machos por poza (poza 1.2 x 4.0 x 0.45 m), 5 pozas.

Método mejorado: 7 hembras y 1 macho por poza (poza 1.0 x 1.5 x 0.45 m), 13 pozas.

Los estudios de caracterización realizados indican una gran variación, dentro y entre productores, en los diferentes parámetros productivos y reproductivos del cuy. Higaonna *et al.* (1989b) citan un tamaño de camada de 2.17 crías, con un coeficiente de variación entre productores de 9.5%, una tasa de mortalidad hasta el destete de 24.7% (4.8 a 76.9%) y del destete a las 12 semanas de edad de 32.7% (0 a 100%). Al mismo tiempo, los pesos al nacimiento, destete (2 semanas) y a las 12 semanas de edad, fueron 138.2 ± 23.9 , 228.1 ± 41.3 y 538 ± 55.2 g, respectivamente.

Chauca y Zaldivar (1989) registraron que el 68.3% de las gestaciones ocurren inmediatamente después del parto (PP), pero con importantes variaciones entre linajes: Perú (54.6%, n=55), Inti (57.9%, n=76) ambas seleccionadas por velocidad de crecimiento; Andina (74.7%, n=83), seleccionada por prolificidad y el grupo testigo (80.2%, n=86). El tamaño de camada al nacimiento y destete fue similar en los empadres PP y aquellos realizados después del destete (PD); en cambio, el peso individual y de camada fue superior en la progenie PD. Estos últimos resultados son similares a los descritos por Aliaga (1974), Bustamante y Zavaleta (1984) y Espinoza (1989). Por el contrario, Muscari *et al.* (1983) registraron pesos semejantes en la progenie resultante PP y PD. Al parecer, la ventaja del empadre PD radica principalmente en la menor mortalidad de las crías; sin embargo, en el empadre PP se pueden obtener cinco camadas por año en comparación con sólo tres en el empadre PD, dado que el intervalo entre partos es de 67 y 112 días, respectivamente (Muscari *et al.* 1983; Bustamante y Zavaleta 1984).

Aspectos prácticos

A nivel de productores, el empadre es continuo y el mayor número de partos logrados al año compensa los menores pesos y la mayor mortalidad de las crías. Para corregir tales pesos y mortalidad que se registran en los empadres postpartum, se requiere adoptar prácticas de manejo que aseguren una buena alimentación y protección de las crías (Chauca y Zaldivar 1988).

La protección para los lactantes, en la forma de cercas gazaperas, nace de la necesidad de resolver la alta mortalidad de los gazapos en la etapa de lactación. El primer trabajo se hizo con una cerca semicircular ubicada en las esquinas de la poza. Con ello, se brindaba protección y se ofrecía disponibilidad de alimento. Los resultados logrados se puede apreciar en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características de la camada y cuyes madres bajo diferentes sistemas de manejo.

Tratamiento	Alimentación restringida sin cerca	Alimentación <i>ad libitum</i>	
		Sin cerca	Con cerca
Tamaño de camada	2.66	2.74	2.80
Mortalidad, %	22.94	14.13	7.14
Pesos, g			
Nacimiento	101.7±23.5	128.8±27.3	126.1±29.3
Destete	169.5±57.2	189.7±44.0	202.6±61.0
Peso total de camada, g			
Nacimiento	270.5±79.5	358.9±100.3	343.4±94.6
Destete	347.4±202.0	454.2±182.5	512.2±171.5
Peso de las madres, g			
Parto	970.0±172.0	1072.1±162.4	1185.0±154.5
Destete	851.6±174.4	1001.8±203.1	1053.6±172.0

La utilización de la cerca gazapera permitió lograr un mayor peso de camada al destete con alta significación estadística ($P < 0.01$). La mortalidad de los lactantes en cercas fue de solo un tercio de la observada en el sistema convencional de crianza. Mejorando el manejo durante la lactación se logra mejores pesos de las crías al destete y las madres tienen pérdidas de peso menores (Chauca *et al.* 1992).

Para mejorar el efecto de la cerca se puede diseñar una cerca circular ubicada en el centro de la poza, dándole un mejor acceso a las crías para protegerse y la facilidad para cambiarse entre pozas. Esta modificación se evaluó en un estudio con 19 pozas de empadre con un total de 95 hembras de primer parto; se tuvo un total de 206 crías nacidas, las que fueron destetadas a las dos semanas de edad. El peso promedio al nacimiento del tratamiento con cerca fue de 118 ± 22.7 g y del tratamiento sin cerca 117 ± 24.4 g. Al destete los pesos promedios del tratamiento con cerca fueron mayores (203 ± 50.2 g) que los que no la utilizaron (190 ± 55.2 g), diferencias altamente significativas ($P < 0.01$). El efecto del uso de las cercas determina una menor mortalidad (7.8%) frente al alcanzado en el tratamiento sin cerca (17.9%). Al destete, el índice productivo (IP) con el uso de cerca fue de 0.68 crías destetadas/hembra/mes y 0.57 en el tratamiento sin cerca (Chauca *et al.* 1994).

Al evaluar la mortalidad, midiendo el efecto del peso al nacimiento, pudo apreciarse que el uso de cerca permitió una mayor sobrevivencia de cuyes nacidos con pesos en los rangos de 70-80 g, mientras en los casos donde no se utilizaron cercas, la mortalidad alcanzó el 23 por ciento (Cuadro 3). Al analizar los incrementos de peso del nacimiento al destete, se pudo apreciar mayor incremento de peso en los animales que tuvieron

disponibles las cercas, ya que los gazapos contaron con alimento permanente (Cuadro 4).

Cuadro 3. Porcentaje de mortalidad durante la lactación en los diferentes rangos de peso al nacimiento.

Rangos de peso g	Porcentaje de mortalidad	
	Con cerca	Sin cerca
70-80	0	23
90-100	10	13
110-120	6	19
130-140	13	23
150-160	0	8

Chauca *et al.* (1994).

Las cercas gazaperas pueden construirse con alambre o cualquier material que permita separar un ambiente para las crías. Las separaciones entre alambres tienen 4 cm, con lo que permiten el acceso a las crías. Las cercas pueden ser circulares de 30 cm de diámetro o cuadradas de 50 cm por lado. La primera permite manejar pariciones en pozas de 1.5 x 1.0 x 0.5 m y las segundas permiten manejar la parición de un mayor número de hembras en áreas mayores.

Durante la lactación, cuando la temperatura ambiental es inferior a 12°C es necesario poner una fuente de calor durante la lactación y aún una semana después del destete en la etapa de cría. Esta práctica contribuye a tener una mayor sobrevivencia según Chauca (1995) y datos del Instituto Nacional de Investigación Agraria del Perú (Cuadro 5).

Cuadro 4. Índice productivo y comportamiento de los gazapos bajo diferentes alternativas tecnológicas desarrolladas por el INIA^b

Efectos	Crías evaluadas	I. ^{ra} al nacimiento	Crías al nacimiento	Pesos al nacimiento g	Incremento		Mortalidad
					Diario	Porcentual	
Cría (Control) Familiar-Comercial Familiar			2.66 1.86	102±23.5	4.86	66.7	22.9 38.6
Alternativas: Alimentación en empadre Subproducto trigo Ración 18.5% proteína	424	0.81 0.87		119±27.5 122±27.5	5.71 5.57	67.2 63.9	19.7 13.2
Alimentación: Sin agua Con agua	192 100 796		2.73±0.9 2.78±0.8	118±37.4 136±19.3	4.21 5.57	49.9 57.3	12.2 9.0
Densidad empadre 1:7.0/188 m ² 1:6.0/214 m ²		0.84 1.03		120±26.8 124±28.7	5.64 6.21	65.8 70.2	16.5 13.4
Cercas gazaperas Investigación: Alimentación: Sin cerca	720 198		2.74±0.91	129±27.3	4.36	47.3	14.1

...Cont

César Novoa y Lilia Chauca

Cuadro 4 (Cont.). Índice productivo^a y comportamiento de los gazapos bajo diferentes alternativas tecnológicas desarrolladas por el INIA^b

Efectos	Crias evaluadas	L.P. ^c al nacimiento	Crias al nacimiento	Pesos al nacimiento g	Incremento		Mortalidad
					Diario	Porcentual	
Cont...							
Con cerca			2.80±0.89	126±29.3	5.50	61.1	7.1
Cercas gazaperas							
Con cerca ^d	207	0.69	2.87±0.94	137±28.8	9.34	95.6	7.7
Con cerca ^e	109	0.74	2.87±0.98	143±27.9	9.87	96.1	2.8
Validación	206				5.21		
Sin cerca				117±24.4	6.07	62.4	17.2
Con cerca				118±22.7		72.0	7.9
Tamaño de camada	207				10.31		
1 con cerca				(12)154±39.5	10.97	93.69(11)	8.3
2 con cerca				(66)156±25.1	9.23	98.25(58)	12.1
3 con cerca				(72)128±24.4	7.33	100.96(70)	2.8
4 con cerca				(52)122±18.6	8.49	83.83(47)	9.6
5 con cerca				(5)108±10.7		110.40(6)	—

^a L.P. (Índice productivo) = Crias/hembra empadrad/mes (desde a los 14 días)^b Instituto Nacional de Investigación Agraria, Lima, Perú^c Ad libitum^d ½ línea Perú^e ½ línea Perú 2do. parto

Cuadro 5. Tamaño de la camada al nacimiento, incrementos de peso y mortalidad en la fase de lactación^a

Condición	Crias evaluadas	Crias al nacimiento	Pesos al nacimiento g	Incremento		Mortalidad ^b %
				Diario, g	Porcentual	
Invierno costa						6.67
- 18°C						14.71
- 13°C						0
Con calor (18°C)		3	116.2±15.0	11.44	137.82	22.22
Sin calor (13°C)		3	119.3±17.8	8.88	104.16	6.25
Con calor (18°C)		4	125.9±24.4	10.33	114.89	16.67
Sin calor (13°C)		4	126.5±19.5	7.83	86.61	8.0
Temperatura lemnoneutral	234		136.2±15.6			12.12
Temperatura invierno	113		135.3±19.8			
Densidad nutricional			136.6	9.95	94.66	3.51
Alta (21.6% proteína total 3.7 fibra)			133.4	10.51	102.40	0
Baja (17.1% proteína total 13.5 fibra)						

^a Trabajos realizados por el Instituto Nacional de Investigación Agraria, Lima, Perú

^b Destete a los 14 días

La suplementación alimenticia con concentrados, administrada dos semanas antes del inicio del empadre y durante el empadre, mejoró el peso de las hembras al empadre y al parto, acortó el intervalo empadre-parto e incrementó el tamaño de la camada y el peso de la camada al nacimiento (Saravia *et al.* 1983; Aliaga *et al.* 1985). Estos hallazgos son coincidentes con los obtenidos por Zaldivar (1986) quien demostró que el peso al empadre tiene un efecto directo sobre el tamaño de la camada y el peso individual de las crías al nacimiento y destete.

Las distintas fases reproductivas: estro, ovulación, fertilización, implantación, etc., están claramente influenciadas por factores ambientales y genéticos. La información disponible sobre fisiología reproductiva de los cuyes permite concluir que una adecuada alimentación, buen manejo y uso de instalaciones adecuadas pueden mejorar su rendimiento reproductivo. En la práctica, se trata de manipular estos factores para mejorar la eficiencia económica de su explotación:

- Para el empadre se requiere mantener una relación macho-hembra de 1:6 a 1:12 en pozas de 1.0 x 1.5 x 0.45 m. Esto permite manejar apropiadamente la alimentación de los animales así como llevar un mejor control sanitario.
- El peso corporal (510 g), antes que la edad es el mejor indicador para iniciar la reproducción de las hembras.
- El empadre continuo que involucra servicios post parto y post destete, comparado con el restringido al período post destete, es al parecer más eficiente en términos de rendimientos reproductivos por año. La mayor mortalidad de crías que se

registra en el primero podría reducirse destetando precozmente a las crías y administrándoles una alimentación adecuada.

- La alimentación suplementaria en un periodo previo (16 días) al empadre puede traducirse en mejor peso de las madres y en consecuencia mejores tamaños de camada.

PARAMETROS REPRODUCTIVOS

La medición de la eficiencia reproductiva de los animales resulta útil por razones económicas y porque permite evaluar el efecto del manejo impuesto, el cual puede variar dentro y entre productores y entre regiones con diferentes ventajas comparativas para su explotación.

En la escasa literatura sobre medición del rendimiento reproductivo en cuyes se nota imprecisión en la terminología empleada y por lo tanto no hay claridad en los resultados utilizados en el análisis. A continuación se sugiere algunos parámetros que son útiles desde el punto de vista práctico:

Tasa de natalidad = crías nacidas/hembras expuestas x 100

Tasa de mortalidad de crías = crías muertas/crías nacidas x 100

Tasa de destete = crías destetadas/hembras expuestas x 100

Los anteriores parámetros deben ser referenciados por unidad de tiempo. Comúnmente, las tasas de natalidad y de destete se expresan en términos anuales, mientras la mortalidad de crías se restringe al período de la lactancia.

En las condiciones de crianza del pequeño productor, se dificulta el seguimiento reproductivo individual debido a que no se identifican los animales en forma individual, no se realiza destete y los nacimientos, mortalidad, saca para venta o consumo ocurren en forma permanente. Sin embargo, con la participación del productor es posible realizar inventarios mensuales y registrar destetes por pozas y bajas por mortalidad, venta o autoconsumo. Con estos datos es posible reunir información para aplicar los parámetros antes indicados.

Bajo condiciones en las cuales se cuenta con identificación individual de animales, la medida de productividad terminal del rebaño (tasa de destete) puede ser explicada en mayor detalle mediante los siguientes parámetros:

$$\text{Tasa de parición} = \text{hembras paridas/hembras expuestas} \times 100$$

$$\text{Tamaño de camada} = \text{crías nacidas/hembra parida}$$

$$\text{Tasa de mortalidad de crías} = \text{crías muertas/crías nacidas} \times 100$$

NECESIDADES DE INVESTIGACION

Nutrición y reproducción

Salvo alguna información útil para animales de laboratorio, los requerimientos nutricionales son desconocidos lo mismo que el efecto que pueden tener deficiencias nutricionales específicas sobre la salud y la capacidad reproductiva de los cuyes. De particular interés resulta evaluar el efecto de la proteína sobre la ovulación y el tamaño de camada.

La disponibilidad constante de forraje, tanto en cantidad como calidad, constituye una limitación generalizada. Con el objeto de asegurar un mejor abastecimiento de alimentos se requiere estudiar el aprovechamiento de recursos alimenticios de alto contenido nutricional, que sirven como suplemento para periodos críticos y que son fáciles de producir localmente en los diferentes agroecosistemas, como es el caso de los cereales nativos como el chocho (*Lupinus mutabilis*) y la ñuña o numia (*Phaseus vulgaris*).

En los sistemas de crianza tradicional existe la creencia de que los cuyes no toman agua y en consecuencia no es considerada como parte del alimento. Se requiere evaluar el suministro de agua en diferentes situaciones alimenticias y su efecto sobre animales en crecimiento y reproducción.

Mortalidad de crías

Bajo sistemas tradicionales de crianza la mortalidad de crías es elevada y tiende a ser mayor en las camadas numerosas. Se

requiere desarrollar técnicas de manejo que eviten pérdidas por atropello y aseguren una mejor alimentación del recién nacido. La capacidad de las crías para comer inmediatamente después del nacimiento, podría aprovecharse para suplementar alimentos o destetar precozmente. En los cuyes, como en otros roedores, el pasaje de anticuerpos probablemente ocurre en la vida intrauterina, a través de la circulación placentaria; por lo tanto, el calostro no parece ser importante como fuente de inmunidad pasiva. Sin embargo, faltan estudios sobre estos aspectos y su efecto sobre la salud y sobrevivencia.

Se requieren estudios que definan las interacciones genotipo - condiciones de manejo y que consideren no sólo el intervalo entre partos y el tamaño de camada sino también la habilidad materna (sobrevivencia de crías).

Técnicas de manejo reproductivo

Considerando las características fisiológicas de la reproducción de los cuyes (celo post parto, ciclo estral corto) se requiere estudiar prácticas de manejo de los animales durante el empadre, tales como la proporción macho:hembra y cambio de machos, de manera que se asegure una cubrición oportuna de las hembras en celo.

LITERATURA CITADA

- ALIAGA, L. 1974. Factores que influyen en el peso al nacimiento en cuyes y algunas correlaciones halladas aplicables a la selección. In Investigaciones en Cuyes, Vol. I. Huancayo, Perú, Universidad Nacional del Centro del Perú. p. 75-88.
- ALIAGA, L.; RODRIGUEZ, H.; BORJA, A.; NUÑEZ, E. 1985. Sistemas de empadre y flushing proteico en cuyes. Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA) (8., Huancayo, 1985). Resumen C 25.
- ASDELL, S.A. 1964. Patterns of Mammalian Reproduction. 2 ed. New York, Comstock Publishing Associates. 620 p.
- BUSTAMANTE L.J.; ZAVALETA, R.D. 1984. Evaluación de dos sistemas de empadre en cuyes. Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA) (7., Lima, 1984). Resumen R 50.
- CHAUCA, L.; ZALDIVAR, M.; MUSCARI, J.; SARAVIA, J. 1986. Evaluación del empadre precoz en los cuyes hembras. Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA) (9., Tingo María, 1986). Resumen R 11.
- CHAUCA, L.; ZALDIVAR, M. 1988. Efecto del empadre post-partum y post destete sobre el tamaño y peso de camada en cuyes. Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA) (11., Piura, 1988). Resumen PRM 16.

-
- CHAUCA, L.; ZALDIVAR, M. 1989. Determinación de las épocas de empadre en cuyes. Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA) (12., Lima, 1989). Resúmenes. p. 149.
- CHAUCA, L.; LEVANO, S.M.; HIGAONNA, R.; MUSCARI, J. 1992. Utilización de las cercas gazaperas en la producción de cuyes. Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA) (15., Pucallpa, 1992). Resúmenes.
- CHAUCA, L.; ROJAS, S.; CALAPUJA, R. 1994. Lactación en cuyes: Validación de utilización de cercas gazaperas. Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA) (17., Lima, 1994). Resúmenes. p. 63.
- CHAUCA, L. 1995. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*) en los países andinos. Revista Mundial de Zootecnia 83(95-2):9-19.
- DUDLEY B.S. 1976. Physiology. In The biology of the guinea pig. J.E. Wagner, P.J. Manning (Eds.). New York, Academic Press. p. 63-93.
- ESPINOZA, F. 1989. Comparativo de dos sistemas de empadre en cuyes. Reunión Científica Anual, Asociación Peruana de Producción Animal (APPA) (12., Lima, 1989). Resúmenes. p. 148.
- FREUND, M. 1962. Initiation and development of semen production in the guinea pig. Fertility and Sterility 13:190-201.

-
- HIGAONNA, R.; ZALDIVAR, A.M.; CHAUCA, F.L. 1989a. Dos modalidades de empadre de cuyes en sistemas de producción familiar comercial. Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA) (12., Lima, 1989). Resúmenes. p. 150.
- HIGAONNA, R.; CHAUCA, L. ZALDIVAR, M. 1989b. Evaluación de los parámetros productivos del cuy criollo. Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA) (12., Lima, 1989). Resúmenes. p. 152.
- IBSEN, H.L. 1950. The guinea pig. In *The care and breeding of laboratory animals*. E.J. Farris (Ed.), New York, Wiley. p. 72-80.
- JARA-ALMONTE, M.; CASTRO, B.P. 1975. Estudios de pesos en cuyes, su interrelación, índices de herencia. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, *Anales Científicos* 13 (1-2):67-72.
- LABHSETWAR, A.P.; DIAMOND, M. 1970. Ovarian changes in the guinea pig during various reproductive stages and steroid treatment. *Biology of Reproduction* 2:53-57.
- MUSCARI, J.; CHAUCA, L.; SARAIVIA, J. 1983. Utilización del celo post partum en cuyes hembras. Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA) (6., Chiclayo, 1983). Resumen MR 20.
- PATERSON, J.S. 1972. The guinea pig. In *The UFAW handbook on the care and management of laboratory animals*. Edinburgh, Ed. Churchill Livingstone. p. 42-47.

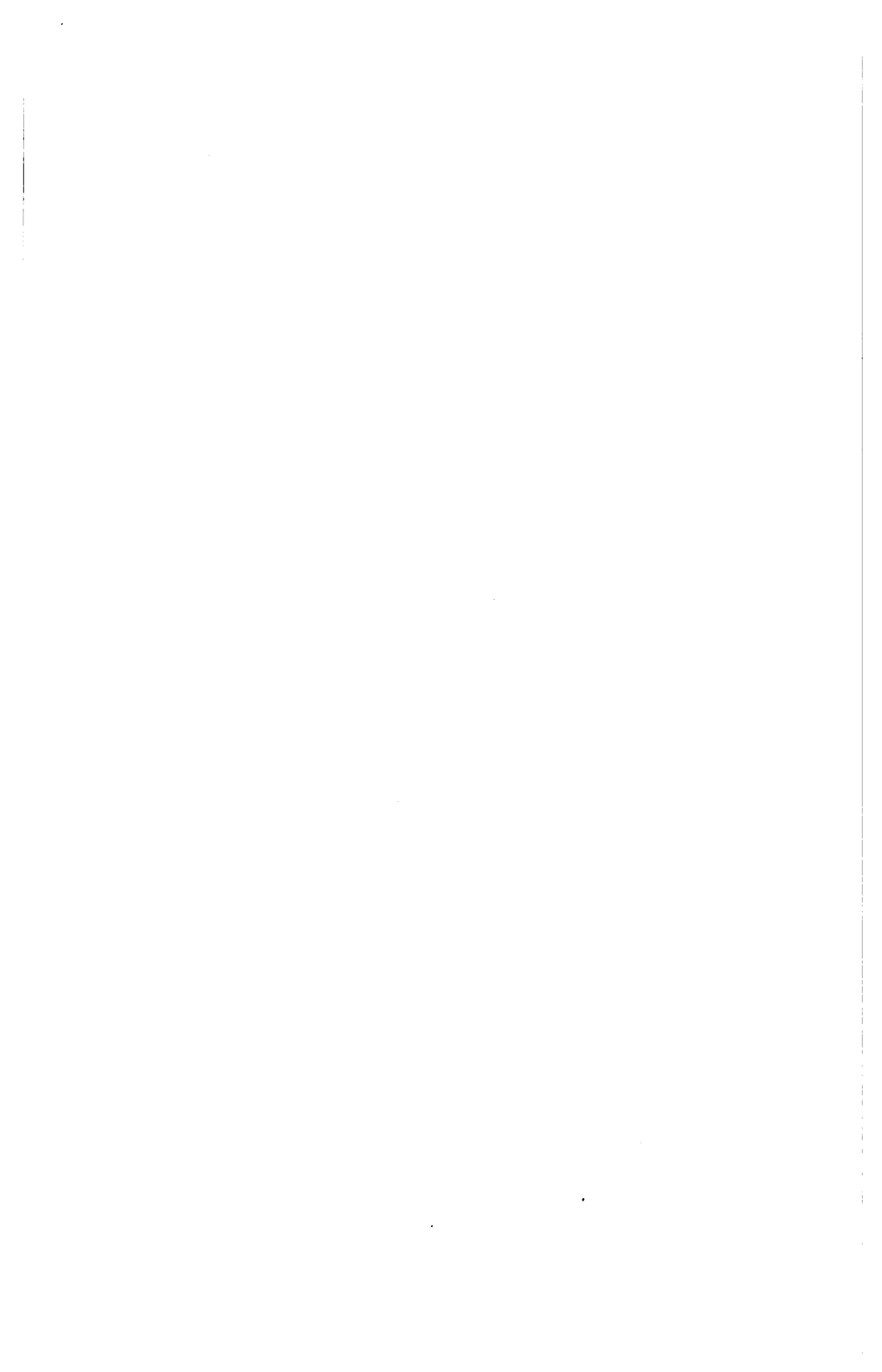
-
- SARAVIA, J.; MUSCARI, J.; CHAUCA, L. 1983. Flushing en cuyes hembras en reproducción. Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA) (4., Lambayeque, 1983). Resúmen ANR 3.
- SMITH, G.A. 1962. Guinea pig: Their raising and care. New York, American Small Stock Farmer. 39 p.
- WRIGHT, S. 1960. The genetics of vital characters of the guinea pigs. *Journal of Comparative Physiology* 56 (Suppl. 1): 1213-151.
- ZALDIVAR, M.; CHAUCA, L. 1975. Crianza de cuyes. Lima, Perú, Ministerio de Alimentación, Boletín Técnico No. 81. 45 p.
- ZALDIVAR, M. 1981. El cuy y su producción de carne. In Recursos genéticos animales en América Latina. B. Müller-Haye, J. Gelma (Eds.). Estudio FAO: Producción y Sanidad Animal, No. 22:129-131.
- ZALDIVAR, M. 1986. Estudio de la edad de empadre de cuyes hembras (*Cavia porcellus*) y su efecto sobre el tamaño y peso de camada. Tesis de Maestría. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. p. 113.

CAPITULO IX

BIOTECNOLOGIA EN REPRODUCCION ANIMAL: PERSPECTIVAS EN AMERICA LATINA

Luzardo Estrada López y Martha Olivera Angel

*Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá, y
Universidad de Antioquia, Medellín, respectivamente,
Colombia*



CAPITULO IX

BIOTECNOLOGIA EN REPRODUCCION ANIMAL: PERSPECTIVAS EN AMERICA LATINA

Luzardo Estrada López¹ y Martha Olivera Angel²

INTRODUCCION

"Si el Tercer Mundo no entra en la revolución biotecnológica, se multiplicará el dominio del Norte sobre el Sur", fueron las palabras del señor Maurice Strong, director de la Cumbre Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, advirtiendo sobre los peligros que encierra para los países en vía de desarrollo el hecho de mantenerse apartados y ajenos a los últimos avances que en materia de ciencias biológicas y de producción se están dando en los países desarrollados.

Se constituye la biotecnología, de esta manera, en una herramienta de doble filo para los países en vía de desarrollo: si se toma una actitud receptiva con respecto a ella, se estará en

¹ M.V., Ph.D. Biotecnología Pecuaria, Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Cl-Tibatotá, Apartado Aéreo 151123 El Dorado, Bogotá, Colombia.

² M.V., Dr. sc. agr. Investigadora Asociada, Grupo Biogénesis, Universidad de Antioquia, Apartado Aéreo 1226, Medellín, Colombia

condiciones de competir no solo en el nivel tecnológico sino económico con las grandes potencias industriales; pero, si no se acepta ni se toma conciencia de su necesidad, se ampliará la brecha existente con los demás países y se echará por la borda no solo la ventaja natural comparativa que tienen los países latinoamericanos por su abundancia de recursos biológicos sino también la posibilidad de competir en el mercado de productos que hasta ahora se han considerado de exclusividad propia. Al igual que ha sucedido con sustancias como la vainilla originaria de América, y que ya no se produce mas, fácilmente sucedería con otros como el café y las frutas exóticas, así como con las características genéticas excepcionales de los animales de la región, tanto domésticos como salvajes.

HISTORIA

La palabra biotecnología proviene de las palabras griegas *bios*: vida, *thechnikos*: herramienta, y *logos*: estudio, ciencia. Esta palabra se acuñó en 1917 en referencia a producción de bebidas en barril; sin embargo la tecnología se remonta 6000 años, ya que 4000 años antes de Cristo los egipcios usaban la levadura para hacer el pan y el vino; 3000 años AC los peruanos seleccionaban y cultivaban la papa y 2000 años AC los egipcios, sumerios y chinos habían desarrollado la técnica de fermentación de alimentos y cerveza así como de los quesos madurados. 500 años AC los mediterráneos desarrollaron el marinado y los europeos el salado (formas de conservación de los alimentos).

En el segundo siglo DC se desarrolló el método de acidificación de los alimentos, lo que dio origen al yogurt y al encurtido de repollo (sauerkraut), mientras los Aztecas hacían tortas utilizando la *Spirulina algae*.

Entre 1860 y 1880 Pasteur desarrolló la pasteurización, Beal produjo el primer maíz híbrido y Mendel describió sus primeros experimentos sobre herencia, creando el área del conocimiento conocida como Genética.

A principios del siglo XX, en 1928, Griffith descubrió que los genes se pueden transferir entre cepas bacterianas diferentes (transducción), y entre los años 40 y 60 el danés Jost acuñó el término Ingeniería Genética; Avery, MacLeod y McCarty demostraron que el ADN lleva la información genética de la célula y Watson y Crick describieron la doble cadena de ADN.

A partir de los años setenta, Berg, Cohen y Boyere desarrollaron metodologías para cortar y juntar nuevamente pedazos de ADN, utilizando enzimas de restricción a lo que se llamó ADN recombinante (rADN).

En 1982 se patentó el primer producto de la ingeniería genética, usando *Escherichia coli*, la firma farmacéutica Lilly produjo insulina y su uso fue aprobado para el control de la diabetes a nivel comercial. Mullis, en 1984, desarrolló la reacción de la polimerasa en cadena (PCR) para amplificar segmentos de ADN.

En los últimos veinte años del siglo XX la ingeniería genética ha revolucionado el mercado; se multiplicaron las patentes sobre productos comerciales como: semillas de tabaco (resistentes a algunas enfermedades), quimosina para producción de queso

(producida a partir de bacterias reemplazando la producida por el estómago de los terneros), rBGH/rBST (hormonas para aumentar la producción leche y el crecimiento de las plantas), ratones quiméricos y *knock-outs* (para estudio de enfermedades, genes o producción de proteínas específicas), vacunas y antibióticos, bioplásticos (reemplazando el petróleo por almidón de maíz, como fuente de producción).

DEFINICION DE LOS PROCESOS BIOTECNOLOGICOS

La definición amplia de biotecnología es el uso de organismos vivientes para desarrollar un producto o llevar a cabo un proceso industrial. Hoy en día el término se aplica en forma más estrecha, limitando la biotecnología a la ingeniería genética y el ADN recombinante (Alcamo 1996).

A continuación se enumeran las herramientas que se aplican a los animales, plantas y microorganismos para elaborar productos biotecnológicos.

Selección y cruzamiento: Manipulando microorganismos, plantas y animales, se producen y escogen individuos o poblaciones con características deseadas, que son la base para crear nuevas generaciones de individuos.

Fermentación: Usando microorganismos que transforman sustancias como el almidón o el azúcar, en compuestos como el dióxido de carbono o el etanol.

Cultivo de tejidos: Haciendo crecer tejidos o células, para la propagación de plantas (por ejemplo el plátano, o las heliconias), la reproducción de animales (clonaje a partir de células somáticas), la producción de químicos (bioplásticos, pulpas) fármacos y vacunas, o hacer investigación (anticuerpos monoclonales, transgénicos).

Ingeniería genética: ADN recombinante (rADN), insertando un segmento de ADN de un organismo en otro aunque los organismos no tengan ninguna relación entre si (terapia génica, animales *knock-outs* y quimeras).

Análisis de ADN: Los genes que expresan una característica determinada (resistencia a Brucellosis) se pueden conocer a través de PCR Y RFLP (polimorfismo de los fragmentos de restricción), técnicas que producen muchas copias de un segmento y detectan patrones en el ADN.

Algunas de las aplicaciones de la biotecnología que tienen actualmente mucho desarrollo y sirven a la producción animal incluyen: suplementos alimenticios para animales, vacunas y hormonas recombinantes, reguladores del crecimiento (probióticos), ovulación múltiple y transferencia de embriones (MOET) producción *in vitro* de embriones, diagnóstico temprano de preñez, control de pestes y manejo de la microbiología ruminal (Alcama 1996). El beneficio potencial en el caso de las hormonas producidas por métodos biotecnológicos (recombinación de ADN de organismos superiores en bacterias), está ilustrado por recientes ensayos utilizando hormona del crecimiento recombinante (rbST o rbGH) para aumentar la producción de leche. Los resultados han demostrado un incremento del 30% en vacas especializadas y del 28% en vacas de doble propósito en su producción láctea (Schams *et al.* 1991). Adicionalmente, se han desarrollado anticuerpos

monoclonales y en el mercado existe una gran variedad de enzimoanálisis (ELISA) tanto para diagnósticos de enfermedades como para el análisis hormonal.

A continuación, se mencionan algunas metodologías biotecnológicas relacionadas directamente con reproducción.

PRODUCCION DE EMBRIONES *IN VITRO*

Básicamente, la producción *in vitro* (PIV) es un procedimiento mediante el cual, por técnicas estrictamente de laboratorio manipuladas por el hombre, se recupera el oocito, se realiza la fecundación del óvulo por el espermatozoide, y se cultiva el cigote hasta estadios de mórulas o de blastocistos. Los primeros estudios de FIV (fertilización *in vitro*) fueron hechos en la década de los 50 y comienzos de los 60 por Danzier (Moor *et al.* 1980), quien colectó oocitos maduros y espermatozoides del tracto reproductivo de conejas. Sin embargo, es en la década de los 80 cuando estos procedimientos comienzan a ser aplicados a las especies domésticas y especialmente en bovinos.

La producción *in vitro* requiere de una serie de pasos, cada uno de los cuales es crítico para el éxito en la obtención del producto final que es el embrión: colección y maduración de oocitos, capacitación de espermatozoides e inseminación *in vitro*, cultivo del cigote.

El término "maduración" en la fertilización *in vitro* se refiere al período comprendido desde el comienzo de la estimulación de los

foliculos preovulatorios hasta que alcanzan el estado de metafase II (liberación del primer cuerpo polar). Antes de la ovulación, normalmente los oocitos sufren una serie de cambios que conllevan a la maduración tanto nuclear (meiótica) como citoplasmática. La duración de este proceso *in vitro* es de aproximadamente 24 a 26 horas en bovinos. Para que estos cambios se presenten, el óvulo debe estar rodeado de unas condiciones ambientales adecuadas en cuanto a temperatura, humedad y tensión de CO₂, y disponer también de fuentes proteicas, pH y osmolaridad óptimos, hormonas, factores de crecimiento y en general, de elementos bioquímicos específicos .

Para que la fertilización *in vitro* sea exitosa, cada uno de los pasos que se realicen deben simular completamente los fenómenos que ocurren *in vivo*. Así, los espermatozoides tienen que sufrir una serie de cambios fisiológicos antes de que estén en condiciones de fertilizar el óvulo. Yanagimachi y Chang (1963) informaron del primer trabajo exitoso de capacitación de espermatozoides *in vitro*. Hoy en día existen ya fórmulas como las que incluyen soluciones Tyrode o Ringer de Krebs suplementadas con fuentes de energía, de proteínas, heparina y otros elementos que se utilizan en forma rutinaria (Fukui *et al.* 1990).

Una vez que los óvulos han madurado y los espermatozoides capacitados, se cultivan los dos gametos juntos para permitirles su fusión y fertilización. Alteraciones en los procesos tanto de maduración del oocito como de capacitación del espermatozoide van a redundar directamente en la tasa de fertilización. Laboratorios que producen rutinariamente embriones obtienen entre el 75% y el 90% de oocitos fertilizados, utilizando semen de toros con comprobada fertilidad.

Co-cultivados los oocitos y el esperma, entre 18 y 24 horas, se procede a trasladar los presuntos cigotos a un medio de desarrollo (Olivera-Angel 1994). Los medios de cultivo utilizados actualmente son de dos clases, el llamado "cocultivo" y el "esencial". El cocultivo es un medio al que se le adicionan células llamadas ayudadoras o alimentadoras (células del oviducto, células de la granulosa o células de riñón de ratón), las cuales se cree que producen factores de crecimiento que ayudan al embrión a desarrollarse. El medio llamado "esencial", se basa en aminoácidos esenciales y no esenciales (Rosenkrans y First 1991) y no requiere de células ayudadoras. En ambos casos, los medios se suplementan con suero fetal bovino o con albúmina bovina; al igual que en los procesos anteriores al desarrollo, los embriones se mantienen a bajas tensiones de CO₂, y temperaturas que dependiendo de la especie oscilan entre 37°C y 39°C.

MICROMANIPULACION DE EMBRIONES

Bisección embrionaria

La técnica de la bisección consiste en la partición, por métodos quirúrgicos, de embriones en estado de mórula o blastocisto temprano colectados de una donante superovulada, o de aquellos producidos *in vitro*, para obtener dos mitades cada una con capacidad de producir un nuevo animal. Pero, la bisección embrionaria no solo permite aumentar el número de embriones disponibles, sino que también constituye una herramienta poderosa para estudios de gemelos idénticos, de sexaje de y criopreservación de embriones (Kippax *et al.* 1991).

Con la bisección de embriones, se aumenta el porcentaje de crías por número de embriones obtenidos por superovulación, lo cual redundaría en la disminución del costo de la transferencia embrionaria de animales con alto potencial genético, haciendo esta tecnología más asequible para los países de América Latina (Nagashima *et al.* 1988). En este sentido, Guerra-Martínez *et al.* (1990) demostraron que aún si hay un sobrecosto del 40% en gastos veterinarios y de personal, cuando se producen gemelos, en comparación con preñeces simples, la relación costo/beneficio sería menor hasta en un 24% para productos de gemelos vendidos al destete o a los 400 días.

Clonaje

El clonaje puede realizarse a partir de células o núcleos: blastómeros, células tallo, células primordiales, núcleos extraídos de blastómeros o de células somáticas.

El clonaje de un toro gran campeón para hacer otros 50 campeones en una sola tarde transfiriendo núcleos somáticos sería un gran negocio. Dolly, como se llamó la primera oveja nacida por el método de transferencia de un núcleo de una célula de glándula mamaria de una oveja adulta en un oocito madurado y cultivado *in vitro*, ha despertado un gran interés científico, económico y una gran controversia de tipo ético y social, especialmente por lo que significaría clonar un ser humano. La humanidad se encuentra frente a una técnica muy poderosa para acelerar el mejoramiento genético, cambiar las poblaciones animales en un corto tiempo y, por supuesto, para emprender un negocio muy grande de la industria biotecnológica mundial (Stice *et al.* 1998).

CULTIVO DE BLASTOMERAS Y CELULAS TALLO (STEM CELLS)

Si se cultivan blastómeras y se utilizan estructuras celulares de apoyo (co-cultivo), entre 39% y 25% de las blastómeras de cerdo aisladas de embriones de 8 y 16 células se desarrollan al estado de blastocisto. Para ello, las zonas pelúcidas deben removerse utilizando 0.5% de pronasa en el medio de cultivo y las blastómeras se separan por succión suave con la ayuda de una micropipeta. Loskutoff *et al.* (1991) encontraron en bovinos hasta un 43% de desarrollo al estado de blastocisto cuando las blastómeras provenían de embriones de cuatro células.

La pluripotencialidad de las células embrionales ha logrado ser mantenida en cultivos, realizados a partir de células del disco embrionario de blastocistos (células tallo o *stem cells*). En estas células se realizan muchas de las tecnologías de la ingeniería genética con el fin de producir animales quiméricos.

El clonaje en la industria animal presenta algunas ventajas y, por supuesto, también tiene algunas desventajas.

Ventajas:

- Eliminación de la variación genética en experimentos.
- Rápida producción de líneas consanguíneas.
- Copia de un pequeño número de animales con genotipos excelentes para apareamientos.

- Elaboración de muchas copias de animales con excelentes fenotipos para producción.
- Rápida producción de líneas con características especiales (por ejemplo, gemelos en bovinos).
- selección del sexo.
- Quimerismos .

Desventajas :

- Bajas tasas de éxito (menos de un 40%).
- Problemas de cultivo y transferencia de embriones.
- Potencial disminución de la variación genética.
- Dificultad en el trabajo con núcleos diferenciados.

Transferencia de núcleos

Teóricamente, todos los núcleos de un embrión deben ser genéticamente idénticos dado que su genoma es derivado por replicación (mitosis) de un simple genoma diploide formado por la fusión de los gametos masculino y femenino. Sin embargo, se ha observado que en la medida en que el embrión se va desarrollando, las células empiezan a diferenciarse. La diferenciación morfológica en embriones de mamíferos se observa inicialmente cuando las

células de la pared externa se van polarizando (8 células en ratón). Sin embargo, este grado de diferenciación y la reprogramación del ADN puede manipularse en estadios posteriores del desarrollo. De esta manera, se ha logrado hasta un 35% de desarrollo al estado de blastocisto utilizando embriones entre 16 y 64 células como donantes de núcleos; estos embriones donantes de núcleos fueron recuperados entre cinco y 6.5 días después del estro de vacas superovuladas (Smith y Wilmut 1990). Los embriones obtenidos como resultado de transferencia de núcleos pueden usarse para transferencia directa de embriones, o congelados y utilizados posteriormente, o reutilizados como donantes de núcleos (Bondioli *et al.* 1990).

INGENIERIA GENETICA

Con la elucidación de la estructura del ácido deoxirribonucleico (ADN) por Watson y Crick en 1953 como el material genético, comenzó una era de investigación de la fisiología celular con énfasis en la bioquímica y la genética molecular que han llevado a una revolución en la investigación biológica. El otro gran avance en el área de la genética molecular fue el descubrimiento de las enzimas de restricción a mediados de la década de los 60 y el posterior secuenciamiento de pequeñas moléculas de ARN, primero, y posteriormente de más complejas moléculas de ADN.

Las enzimas de restricción son la base para la ingeniería genética debido a su habilidad especial para fraccionar moléculas de ADN de doble hélice en forma tal que las piezas puedan ser de nuevo pegadas (hibridizadas). La inserción en un organismo, de un

hibrido apropiadamente construido, lo habilita para que produzca la proteína codificada por el gen híbrido (Lewin 1994)

La ingeniería genética es capaz de generar la siguiente clase de productos:

- Genes recombinantes.
- Animales transgénicos
- Proteínas y enzimas producidas a partir de la recombinación de genes.

El término "transgénico" se ha definido como aquellos animales que han integrado de manera estable ADN foráneo introducido experimentalmente en su genoma. El primer trabajo exitoso en este sentido fue el desarrollado por Palmiter *et al.* (1982) quienes crearon ratones transgénicos con la hormona del crecimiento de rata. Los ratones no solo incorporaron este gen a su genoma sino que, al menos en algunos casos, lo expresaron con altos niveles de crecimiento.

Existe una variedad de transgénicos desarrollados con objetivos diferentes:

El ratón humanizado: Ratones con el sistema inmune humano; a estos ratones se les inducen inmunodeficiencias (SCID).

Los oncoratones: Ratones que presentan diferentes tipos de cáncer como el de glándula mamaria, o cáncer de próstata.

Los modelos animales para estudiar enfermedades, como el Alzheimer, por medio de *knock-outs*. Este tipo de animal es un transgénico al cual se le apaga la expresión de un gen, muy útil para descubrir o para estudiar sus funciones específicas. Los animales se producen inyectando un constructor de ADN (transfección) en células tallo; las células se reproducen en el cultivo y una vez que se comprueben ser positivas se reinyectan en un blastocisto que crece y llega a término en una nodriza, generando una quimera *knock-out*. La eficiencia de la transfección ha alcanzado hasta un 80 por ciento (Coop 1995).

Los bioreactores: Sistemas en los cuales los animales son las máquinas que producen; el mejor ejemplo es el uso del cerdo para producir hemoglobina humana.

Se han usado diferentes técnicas para producir animales transgénicos:

- Inyección directa del ADN en uno de los pronúcleos inmediatamente después de la fertilización.
- Utilización de retrovirus para infectar embriones o células tallo a diferentes estados de desarrollo (Petters *et al.* 1987).

Un problema técnico potencial con animales transgénicos se deriva de la posibilidad que la expresión de un gen en particular podría ser beneficiosa durante una fase de la vida del animal, pero indeseable durante otra. Sin embargo, este problema sería solucionable con la inclusión de elementos regulatorios en el gen que lo coloquen bajo el control propio del animal o que lo capaciten para ser prendido o apagado adicionando un inductor en el alimento. Tal es el caso de la construcción genética hecha por

Palmiter *et al.* (1982) para producir ratones transgénicos. En esta construcción, el gen para la hormona del crecimiento fue colocado bajo el control del elemento regulador del gen de la metalotionina, que es un elemento normalmente inducido por zinc. De esta manera, la expresión del gen para la hormona del crecimiento en el animal transgénico estaría regulado simplemente por los niveles de zinc suministrados en la dieta.

La eficiencia del proceso de transferencia de genes es muy baja tanto en ratones como en animales domésticos. En ratones, 10% de los embriones inyectados nacen; de estos, 25% son transgénicos, dando una eficiencia total cercana al 2 por ciento. En ovejas se logra una eficiencia de una cría transgénica de 1032 inyecciones; en cerdos la proporción ha sido de 2035 inyecciones para obtener 20 lechones transgénicos; y, en bovinos, la eficiencia que se ha logrado es únicamente del 0.08 por ciento. El gen estudiado en estos casos, fue un producto de fusión del promotor de la metalotionina con el gene estructural de la hormona del crecimiento de humanos (Petters 1986).

Las aplicaciones de esta tecnología a la producción animal son obvias al permitir introducir en la línea germinal, genes que confieran virtualmente cualquier característica deseable, como resistencia a enfermedades, rápido crecimiento, fertilidad y eficiente utilización de los alimentos, algunas de las cuales son patrimonio único en algunas de las razas presentes en los países latinoamericanos.

Una aplicación que está tomando mucho auge en los medios científicos y, especialmente, en los comerciales, es la producción de proteínas en la leche de animales transgénicos. Así, se producen actualmente en diferentes especies (cerdos,

ratones, ovejas, terneros y cabras), antitrombina III, factor VIII de coagulación, antitripsina y otras moléculas que van conformando una larga lista de proteínas de un amplio uso comercial y terapéutico (Ziomek 1998).

SEXAJE

Un elemento que posee particular interés para el productor y que se relaciona con la reproducción de los animales es el sexo de la nueva cría. Existen hasta el momento dos alternativas para determinar o manipular el sexo de las crías: una mediante la separación de los espermatozoides X y Y, y la otra conociendo el sexo del embrión a una edad muy temprana en su desarrollo (Anderson 1986).

Se han realizado muchos trabajos para establecer diferenciación en el sexo en los espermatozoides; sin embargo, los resultados no han sido muy exitosos. Entre las metodologías desarrolladas para tal efecto, se puede mencionar:

- Separación de los espermatozoides X y Y por electroforesis.
- Gradiente de albúmina.
- Antígeno H-Y.
- Fraccionamiento por citometría de flujo.
- Gradiente de densidad (centrifugación).

La otra alternativa para el manejo de la proporción de sexos, es la identificación del sexo de los embriones preimplantatorios, antes de ser transferidos. Se han desarrollado varias técnicas para este propósito:

- Identificación del cromosoma X inactivado.
- Biopsia y cariotipo de trofoblastos.
- Biopsia y cariotipo de blastómeras.
- Uso de hemi-embriónes.
- Utilización del antígeno sexual H-Y (FISH).
- Hibridación de fragmentos específicos de ADN presentes en el cromosoma Y y X por PCR.

Esta última técnica ha demostrado ser la más eficiente. Se realiza en biopsias de embriones (mórulas o blastocistos); hasta en un 90% de los casos se puede definir el sexo acertadamente, y los porcentajes de preñez posterior al trasplante de los embriones oscilan entre 35% y 40% si son embriones producidos *in vitro* (Kirkpatrick y Monson 1993), y 55% a 65% si son embriones producidos *in vivo* (Thibier y Nibart 1995).

HORMONAS Y BIOTECNOLOGIA

Con el descubrimiento de que el ADN recombinante (de origen eucariote) puede ser expresado tanto en procariones como en células eucariotes cultivadas *in vitro*, ha tomado gran auge la ingeniería genética en la producción de hormonas de origen recombinante. Los precios de estas hormonas están por debajo de aquellos alcanzados con productos naturales y con efectos iguales y en algunos casos superiores a los obtenidos con los productos naturales.

Una de las hormonas que más se ha trabajado en esta área es la hormona del crecimiento (bGH), también llamada somatotropina (bST), que es conocida como controladora del crecimiento y de una variedad de procesos metabólicos incluyendo el del nitrógeno, lípidos, minerales y carbohidratos (utilización de glucosa y conversión a CO₂, lipólisis, liberación de glicerol e incorporación de aminoácidos en proteínas).

En adición, la GH estimula la lactancia en vacas de una manera que es dosis-dependiente. En un experimento en que utilizaron GH recombinante (rbGH), se consiguió entre 23% y 41% de incremento sobre la producción obtenida en vacas control. En este mismo experimento, la hormona del crecimiento natural produjo un incremento de solo 16 por ciento (Bauman *et al.* 1985). Se ha demostrado también que la GH, inyectada experimentalmente, disminuye el efecto que el estrés calórico tiene sobre la producción en vacas de leche (Mohammed y Johnson 1985). El consumo de alimento no cambió durante la administración de GH, mostrando un significativo incremento en la eficiencia de las vacas (Tucker 1988).

En cerdos, Smith y Kasson (1990) encontraron mayores ganancias de peso en animales entre 30 y 110 kg inyectados con GH porcina recombinante, mayor eficiencia alimenticia y menor espesor de la grasa dorsal. Se han observado efectos similares por parte de Beermann *et al.* (1990) cuando inyectaron GH ovina recombinante a corderos de 25 kg de peso vivo por un periodo de 60 días.

FSH y algunos otros factores de crecimiento (entre los que se encuentran, EGF y TGFs) han sido también sintetizados por recombinación genética y están comenzando a usarse tanto en investigación como con fines comerciales.

INSEMINACION ARTIFICIAL

La inseminación artificial es la biotécnica de más amplia difusión y la de mayor impacto en el mejoramiento genético animal de los últimos 20 años; se considera que por cada dólar que se invirtió en la investigación que desarrolló esta tecnología, se han recuperado 100 (Foote 1996). Al mismo tiempo, se han desarrollado programas de manejo reproductivo que son utilizados cada vez más ampliamente en las explotaciones ganaderas tanto bovinas como porcinas.

La técnica de congelación y manipulación del semen no ha sufrido mayores cambios al pasar los años. El principal problema sigue siendo la detección de calores en las vacas, para lo cual los investigadores están tratando de desarrollar un sistema de

inseminación con cápsulas intravaginales que liberan lentamente los espermatozoides (Nebel *et al.* 1996).

Ganado de leche

El sistema comenzó a implantarse en la década de los 50 y hoy comprende un 80% del ganado lechero. Su eficiencia se mide en tasas de no retorno al calor a los 60-90 días, con porcentajes de preñez que oscilan entre 65% y 75 por ciento. Las técnicas de inseminación y manejo del semen han sido estandarizadas a través de los años. Sin embargo, subsisten problemas a resolver, especialmente los inherentes al manejo del hato, la detección de vacas repetidoras por problemas patológicos o alimenticios, o a la vaca misma, como en el caso de las muertes embrionales.

La deficiencia en la detección de calores se mejora utilizando la inseminación a término fijo (previa sincronización de la ovulación con GnRH y prostaglandina).

Ganado de carne

El desarrollo de la inseminación artificial en ganado de carne ha sido más lento que en los programas de leche. En los Estados Unidos de América su práctica no cubre más del 40% de la población y en los países latinoamericanos no supera el 20%, en su mayoría para la producción de hatos de selección. La razón de la baja utilización radica en que las condiciones de crianza del ganado comercial son extensivas o semiintensivas lo que dificulta el montaje del sistema y lo hace más costoso que mantener toros dentro del hato.

Se deben controlar tres factores básicos: alimentación, calidad genética y manejo.

La alimentación adecuada es fundamental para que las novillas y vacas en lactación presenten calores cíclicamente y mantengan la preñez después del servicio.

Los reproductores deben seleccionarse mediante pruebas de comportamiento, para que las crías justifiquen el costo del programa; además, los registros deben analizarse periódicamente para detectar a tiempo problemas en el hato.

El manejo hace referencia a varios aspectos:

- Construcciones (corrales y bretes) de diseño adecuado para rapidez, comodidad y facilidad de manejo del animal, disminuyendo el estrés.
- Lotes de inseminación de novillas o de vacas con no más de 30 animales, lo que facilita al técnico la detección de calores y el manejo mismo de los animales en los corrales.
- Identificación clara y sobresaliente del animal, para facilitar el manejo del animal en calor y el registro correcto en las tarjetas.
- Detección de calores e inseminación. Debe existir un técnico dedicado permanentemente al programa, revisando los grupos de animales mínimo dos veces al día durante media hora en las horas más frescas. En el trópico cálido el 60% de los celos de las hembras cebú se presentan entre las 6 y 10 AM y las 6 y 10 PM. La detección puede mejorarse si se usa un toro marcador o una vaca androgenizada que porte un "chin ball". Debe

tenerse en cuenta que la vaca androgenizada sólo es capaz de detectar un animal en calor a la vez.

Debido a que la duración de las manifestaciones de calor en los cebuinos es mas corta, estos animales deben ser inseminados a mas tardar seis horas después de determinado el celo. Para esto, las vacas son llevadas al corral una hora antes del servicio con el fin de que las constantes fisiológicas sean las de reposo (Medrano *et al.* 1996).

SINCRONIZACION DE CALORES

La sincronización es un proceso mediante el cual se busca que un grupo de animales presenten calor u ovulación al mismo tiempo. Con la sincronización se disminuyen costos de manejo, se aumenta la eficiencia en la detección de calores y se disminuyen las pérdidas de peso de madres y crías producidas por el continuo movimiento de los lotes.

Para la sincronización, se utilizan dos tipos de fármacos: la prostaglandina (natural o sintética), los implantes de progestágenos (norgestomet) o la combinación de la hormona liberadora (GnRH) y la prostaglandina. Existen diferencias en el comportamiento estral a la respuesta de la sincronización entre individuos de la misma especie y entre diferentes especies (*Bos taurus* y *Bos indicus*). En cebuinos es de mayor utilización el norgestomet porque se consigue un mayor número de animales en calor (90-95%) en comparación con la prostaglandina (60-75%), una menor dispersión en la presentación de los mismos (30-48 horas vs. 40-92 horas),

mayor intensidad en las manifestaciones de celo y además, puede utilizarse en cualquier fase del ciclo estral. Los porcentajes de preñez oscilan entre el 65% y 75% en ambos sistemas con dos inseminaciones (Frisch y O'Neill 1996, Cavalieri *et al.* 1997).

La sincronización de la ovulación, utilizando GnRH y prostaglandina, permite la inseminación a termino fijo, sin detección del calor y demuestra un 92% de ovulaciones en vacas de leche y un 75% en ganado de carne (Cruz *et al.* 1997).

Es importante que los animales estén en el peso y condición corporal adecuados, ciclando y ojalá suplementados desde el momento en que entran al programa de inseminación y hasta que se detectan preñadas 40 a 50 días después del servicio (Olivera-Angel *et al.* 1993). Por ejemplo, en un experimento con vacas en lactancia realizado en el piedemonte llanero de Colombia, se encontró un 54% de preñez en vacas suplementadas con gallinaza y un 18% en el grupo control (Olivera-Angel y Martínez 1989).

TRANSFERENCIA DE EMBRIONES PRODUCIDOS *IN VIVO* O *IN VITRO*

En la hembra bovina, durante el ciclo estral, crecen muchos folículos a la vez y solamente uno ovula. Gracias al significativo desarrollo técnico de los últimos años, se puede manipular hormonalmente el ovario, estimulándolo en tal forma que muchos de los folículos ovulen en lugar de debilitarse. Los óvulos producidos, luego de ser fecundados, deben ser transferidos a

vacas receptoras para facilitar que la gestación llegue a término. Para ello, se requiere de varios pasos:

1. **Superovulación.** Esta se realiza con la hormona hipofisaria foliculoestimulante o su recombinante. Constituye el principal cuello de botella que existe en el proceso, ya que no se puede predecir si el animal responderá o no y si lo hace, no se conoce en qué magnitud lo hará.
2. **Sincronización de donante y receptora,** para que el embrión de la donante sea capaz de hacerse reconocer en la receptora.
3. **Inseminación.** Debe repetirse dos a tres veces con el fin de disponer de suficientes espermatozoides aptos para producir la fecundación.
4. **Lavado del útero** 6 a 7 días posterior a la presentación de calor del donante. Se escoge esta edad en el desarrollo embrionario por su facilidad de manejo, de recolección y porque se consiguen los mejores resultados de preñez.
5. **Los embriones** obtenidos pueden ser transplantados inmediatamente a las receptoras o criopreservados para uso posterior.

Los resultados obtenidos en el trópico, en ganado *Bos taurus* e *indicus* son alentadores. En ganado Holstein y Simmental se obtienen en promedio 10 y ocho embriones transferibles, respectivamente, mientras que en cebuinos se obtienen cuatro. Los índices de preñez oscilan entre el 55% y 60% en los primeros y entre el 40% y el 50% en los segundos teniendo en ambos casos

excelentes condiciones de manejo, sanidad y aclimatación de las receptoras (Olivera *et al.* 1993).

La producción *in vitro* de embriones ha tenido mucho desarrollo en los últimos cinco años. En los países fríos, donde la producción de leche es con animales altamente especializados, los oocitos obtenidos a partir de ovarios de los animales que son descartados para matadero tienen un valor genético aproximadamente igual al de las vacas que aún están en el hato . Una pajilla de semen puede inseminar hasta 1000 oocitos, lo que disminuye notablemente los costos de utilización de reproductores valiosos (Rutledge 1996).

En el trópico, donde la producción se basa en animales criollos, híbridos o cruzados alternadamente, la producción de embriones F1 a partir de oocitos de vacas de matadero y semen de toros puros puede mantener el tan deseado vigor híbrido de esta primera generación, a menores costos que el sistema tradicional de cruzamientos absorbentes y rotacionales.

Hay dos formas de obtener embriones producidos *in vitro*. La primera, a partir de ovarios de vacas de matadero; la segunda, a partir de la colección *ex vivo* en las vacas donadoras.

A continuación se enumeran los pasos a seguir para la obtención de oocitos de vacas de matadero:

1. Colección de los ovarios en el matadero
2. Búsqueda y selección de los oocitos obtenidos a partir de la punción de los folículos.

3. Maduración, fertilización y cultivo hasta el día 7 (blastocisto)

Para la extracción de oocitos *ex vivo* se utiliza la siguiente metodología:

1. Hembras en cualquier periodo reproductivo, incluidas las preñadas de no mas de 150 días de gestación.
2. Punción y succión del contenido folicular bajo control ecográfico.
3. Búsqueda y selección de los oocitos.
4. Maduración, fertilización y cultivo hasta el día 7 de desarrollo

Los resultados alcanzados hasta el momento en laboratorios especializados en producción de embriones a nivel comercial son alentadores. Un 25% de los oocitos recolectados producen embriones, los pesos al nacimiento de los terneros nacidos son iguales o levemente superiores a los del embriones producidos *in vivo* y las tasas de preñez oscilan entre un 45% y un 55% con embriones frescos (Rutledge 1996).

CRIOPRESERVACION DE EMBRIONES

Durante los últimos 15 años, se ha estado trabajando en el perfeccionamiento de las técnicas para la crioconservación (congelación y vitrificación) de embriones, producidos *in vivo* e *in*

vitro. Actualmente los embriones producidos *in vivo* son transferidos con el método denominado transferencia directa. La pajilla con el embrión es descongelada en la misma forma como se descongela el semen para inseminación artificial y con la ayuda de la pistola de inseminación se deposita el embrión en el cuerno ipsilateral al cuerpo lúteo de siete días. La diferencia entre los métodos tradicionales de descongelación y el de transferencia directa, es que en este último el embrión, al descongelarse dentro de la pajilla, se mezcla con una solución rica en sucrosa que es capaz de retirar las sustancias crioprotectoras y dejar al embrión listo para realizar sus procesos de reconocimiento maternoembrional. Las tasas de preñez en ambos sistemas son similares (50%), comparables a las tasas de preñez obtenidas con embriones frescos (Leibo *et al.* 1995).

Con los embriones producidos *in vitro* el éxito es menor por su susceptibilidad. Las tasas de preñez que se obtienen cuando son transferidos en fresco oscilan del 45% al 55%, mientras que, posterior a la congelación o vitrificación, el rango es de 35% al 40%; los resultados con transferencia directa alcanzan solamente un 10 por ciento.

El principio de los equipos de congelación no ha cambiado en los últimos años; únicamente el tamaño ha sido reducido hasta hacerlos portátiles. Hay dos sistemas de enfriamiento: nitrógeno líquido y alcohol (etanol); este último es el más apropiado para condiciones de laboratorio por la reproducibilidad de las curvas. La vitrificación no requiere de equipo de congelación ya que una vez empaquetados los embriones dentro de la pajilla estos se sumergen lentamente en nitrógeno líquido. Las metodologías de criopreservación, su utilización a nivel de campo, y la transferencia directa de los embriones han posicionado esta biotecnología como

una de las de mayor utilización a nivel comercial después de la inseminación artificial.

PERSPECTIVAS Y CONCLUSIONES

Las perspectivas de la utilización de la producción *in vitro* en América Latina, se centran en un aspecto primordial: el incremento de la población de animales de mayor producción. El desarrollo tecnológico debe ajustarse a las condiciones locales, muy especialmente en lo que se refiere a la reducción de costos para favorecer su aplicación. La producción de un mayor número de animales de alto potencial se ha estimulado por el desarrollo de tecnologías embrionarias, por la mayor disponibilidad de embriones para ser transferidos y, sobre todo, por la producción de bovinos F1 en forma continua, lo que permite al sistema aprovechar de la mejor forma la heterosis y la complementariedad de características deseables. En todos los casos estudiados en el trópico, en donde se realizan cruzamientos de animales cebuinos o criollos con animales europeos para producción de carne y/o leche, el F2 es siempre inferior al F1 (McDowell *et al.* 1996). De otro lado, la disponibilidad de embriones para desarrollar nuevas metodologías en congelación, micromanipulación y transferencia de embriones es un aspecto que aunque no se pueda cuantificar en términos económicos, redundará en la disminución de los costos y un aumento en la aplicabilidad de estas técnicas. En países de América Latina como Brasil, Cuba, Argentina, Chile y Colombia la utilización de la inseminación artificial y la transferencia de embriones es rutinaria y se están implementando proyectos para la aplicación de la producción *in vitro*.

En el campo de la bisección embrionaria, Brasil y Cuba en el ámbito latinoamericano, ya poseen crías provenientes de este procedimiento; sin embargo, con el avance en la tecnología de la producción *in vitro* esta técnica ha caído en desuso.

La transferencia de núcleos es una tecnología de mucho impacto a nivel de investigación en ciencias básicas y continúa siendo muy importante para entender los procesos celulares.

La creación y mantenimiento de transgénicos es más barata en los países de América Latina, por lo cual se están desarrollando varios programas colaborativos con el fin de producirlos y patentarlos en los llamados Parques de la Ciencia.

El sexaje de embriones, a nivel latinoamericano (aunque no se tienen resultados todavía), está probándose en Brasil, Cuba, Colombia y Argentina. De la misma manera, Uruguay, con el apoyo del gobierno japonés, comenzó un proyecto para sexaje de animales. Esta técnica tiene una importante repercusión en el manejo de las explotaciones de ganado puro y comercial de los países de la región.

La inseminación artificial, por ser una técnica de mucha repercusión en el mejoramiento genético animal y muy usada en los países de la región, especialmente en programas de doble propósito, es el punto de partida para cualquier programa biotecnológico que se quiera implementar.

La transferencia y congelación de embriones son técnicas que regularmente se utilizan en los países latinoamericanos con fines comerciales y con volúmenes que, como en el caso de Brasil,

Cuba, Colombia y Argentina, superan los 5000 embriones congelados por año.

Los dos sistemas biotecnológicos que mayor impacto están causando a finales del siglo XX, tanto en los países fríos como en los tropicales, son la utilización de la hormona rST y de los sistemas MOET y PIV debido a que ofrecen la posibilidad de producir volúmenes importantes de leche, alimento básico de las crecientes poblaciones con altos requerimientos de consumo (Jarvis 1996).

Otras técnicas están por depurar y muchas otras por desarrollar, pero debe existir conciencia del estado en que ellas se encuentran, de la necesidad de disponer de personal técnico altamente capacitado para su desarrollo y de la importancia de su aplicación ajustada a las condiciones de los países latinoamericanos.

LITERATURA CITADA

- ALCAMO, E. 1996. DNA Technology. Boston, Ed. WCB. 305 p.
- ANDERSON, G.B. 1986. Identification of sex in mammalian embryos. In Genetic engineering of animals. W.J. Evans y A. Hollaender (Eds.). New York, Plenum Press. p. 243.
- BAUMAN, D.E.; EPPARD, P.J.; De GEETER, M.J.; LANZA, G.M. 1985. Responses of high producing dairy cows to long-term treatment with pituitary somatotropin and recombinant somatotropin. Journal of Dairy Science 68:1352.

- BEERMANN, D.H.; HOGUE, D.E.; FISHELL, V.K.; ARONICA, S.; DICKSON, H.W.; SCHRICKER, B.R. 1990. Exogenous human growth hormone-releasing factor and ovine somatotropin to improve growth performance and composition of gain in lambs. *Journal of Animal Science* 68:4122.
- BONDIOLI, K.R.; WESTHUSIN, M.E.; LOONEY, C.R. 1990. Production of identical bovine offspring by nuclear transfer. *Theriogenology* 33:165.
- CAVALIERI, J.; RUBIO, I.; KINDER, J.E.; ENTWISTL, K.W.; FITZPATRICK, L.A. 1997. Synchronization of estrus and ovulation and associated endocrine changes in *Bos indicus* cows. *Theriogenology* 47:801-814.
- COOP, A.J. 1995. Death before birth: clues from gene knockouts and mutations. *Trends in Genetics* 4: 87-93.
- CRUZ, L.; do VALLE, E.; KESLER, D. 1997. Effect of prostaglandin and gonadotropin releasing hormone induced LH releases on ovulation and CI function of beef cows. *Animal Reproduction Science* 49:135-142.
- FOOTE, R.H. 1996. Review: Dairy cattle reproductive physiology research and management, past progress and future prospects. *Journal of Dairy Science* 79: 980-990.
- FRISCH, J.E.; O'NEILL, C.J. 1996. Calving rates in a tropical beef herd after treatment with a synthetic progestagen norgestomet or clorprostenol. *Australian Veterinary Journal* 73:98-102.

- FUKUI, Y.; SONOYAMA, T.; MOCHIZUKI, H.; ONO, H. 1990. Effects of heparine dosage and sperm capacitation time on *in vitro* fertilization and cleavage of bovine oocytes matured *in vitro*. *Theriogenology* 34:579.
- GUERRA-MARTINEZ, P.; DICKERSON, G.E.; ANDERSON, G.B.; GREEN, R.D. 1990. Embryo-transfer twinning and performance efficiency in beef production. *Journal of Animal Science* 68:4039.
- JARVIS, L. S. 1996 The potential effect of two new biotechnologies on the world dairy industry. Colorado, Westview Press. 153 p.
- KIPPAX, I.S.; CHRISTIE, W.S.; ROWAN, T.J. 1991. Effects of method of splitting, stage of development and presence or absence of zona pellucida on foetal survival in commercial bovine embryo transfer of bisected embryos. *Theriogenology* 35:25.
- KIRKPATRICK, B.W.; MONSON, R.L. 1993. Sensitive sex determination assay applicable to bovine embryos derived from IVM and IVF. *Journal of Reproduction and Fertility* 98:335-340.
- LEIBO, S.P.; MAPLETOFT, R.J.; MILLS, M. 1995. Direct transfer of forzen cattle embryos: 1995 update. Annual AETA Convention (14., Las Vegas, Nevada, October 9-11, 1995). [Proceedings]. p. 1-4.
- LEWIN, B. 1994. *Genes V*. New York, Oxford University Press. 1272 p.

- LOSKUTOFF, N.M.; POLLSTF, J.W.; SCODRAS, J.M.; DE LA FUENTE, R.; KING, W.A.; BETTERINGE, K.J. 1991. Production of blastocysts from single blastomeres cultured after isolation from 4-cell bovine embryos generated *in vitro*. *Theriogenology* 35:233.
- McDOWELL, R.E.; WILK, J.E.; TALBOTT, C.W. 1966. Economic viability of crosses of *Bos taurus* and *Bos indicus* for dairying in warm climates. *Journal of Dairy Science* 79:1292-1303.
- MEDRANO, E.; HERNANDEZ, O.; LAMOTHE, C.; GALINA, C. 1996. Evidence of asynchrony in the onset of signs of oestrus in zebu cattle treated with a progestagen ear implant. *Research in Veterinary Science* 60: 51-54.
- MOHAMMED, M.E.; JOHNSON, H.D. 1985. Effect of growth hormone on milk yields and related physiological functions of Holstein cows exposed to heat stress. *Journal of Dairy Science* 68:1123.
- MOOR, R.M.; POLGE, C.; WILLADSEN, S.M. 1980. Effect of follicular steroids on the maturation and fertilization of mammalian oocytes. *Journal of Embryology and Experimental Morphology* 56:319.
- NAGASHIMA, N.; KATOH, Y.; SHIBATA, K.; OGAWA, S. 1988. Production of normal piglets form microsurgically split morulae and blastocyst. *Theriogenology* 29:485.
- NEBEL, R.; VISHWANATH, R.; McMILLAN, W; PITT, C. 1996. Microencapsulation of bovine spermatozoa: effect of capsule

membrane thickness on spermatozoal viability and fertility. *Animal Reproduction Science* 44: 79-89

OLIVERA-ANGEL, M.; MARTINEZ, G. 1989. Evaluation of an implant to synchronize oestrus and/or to resolve suckling anoestrus in Brahman cows. In *Regional Network for Improving the Reproductive Management of Meat and Milk-Producing Livestock in Latin America with Aid of Radio Immunoassay Techniques*. FAO/OIEA.

OLIVERA-ANGEL, M.; MARTINEZ, G.; VELEZ, G. 1993. Importancia de la vaca receptora en transferencia de embriones de la raza Brahman. *El Cebú* 267:114-116.

OLIVERA-ANGEL, M. 1994. De la fertilización *in vitro* al trasplante de los embriones. *Manual de laboratorio*. Medellín, Colombia, Universidad de Antioquia. 40 p.

PALMITER, R.D.; BRINSTER, R.L.; HAMMER, R.E.; TRUMBAUER, M.E.; ROSENFELD, M.G.; BIRNBERG, N.C.; EVANS, R.M. 1982. Dramatic growth of mice that develop from eggs microinjected with metallothionein-growth hormone fusion genes. *Nature* 300:611.

PETTERS, R.M. 1986. Recombinant DNA, gene transfer and the future of animal agriculture. *Journal of Animal Science* 62:1795.

PETTERS, R.M.; SHUMAN, R.M.; JOHNSON, B.H.; METTUS, R.V. 1987. Gene transfer in swine embryos by injection of cells infected with retrovirus vectors. *Journal of Experimental Zoology* 242:85.

- ROSENKRANS, C.F.; FIRST, N.L. 1991. Culture of bovine zygots to the blastocyst stage: Effects of aminoacids and vitamins. *Theriogenology* 35 226 (abstract).
- RUTLEDGE, J.J. 1996. Cattle production systems based on *in vitro* embryo production. *Journal of Reproduction and Development* 42:18-22.
- SCHAMS, D.; GRAF, F.; MEYER, J.; GRAULE, B.; MAUTHNER, M.; WOLLNY, C. 1991. Changes in hormones, metabolites, and milk after treatment with sometribove (recombinant methionyl bST) in Deutsche Fleckvieh and German Black cows. *Journal of Animal Science* 69:1583.
- SMITH, L.C.; WILMUT, I. 1990. Factors affecting the viability of nuclear transplanted embryos. *Theriogenology* 33:153.
- SMITH, V.G.; KASSON, C.W. 1990. Growth performance and carcass characteristics of pigs administered recombinant porcine somatotropin during 30 to 110 kilogram live weight. *Journal of Animal Science* 68:4109.
- STICE, S.L.; ROBL, J.M.; PONCE DE LEON, F.A.; JERRY, J.; GOLUCKE, J.B.; CIBELLI, J.B.; KANE, J.J. 1998. Cloning: New breakthroughs leading to commercial opportunities. *Theriogenology* 49:129-138.
- THIBIER, M.; NIBART, M. 1995. The sexing of bovine embryos in the field. *Theriogenology* 43:71-80.

TUCKER, A.H. 1988. Lactation and its hormonal control. In *The physiology of reproduction*. E. Knobil y J. Neill (Eds.). New York, Raven Press. p. 2235.

YANAGIMACHI, R.; CHANG, M.C. 1963. Fertilization of hamster eggs *in vitro*. *Nature* 200:281-282.

ZIOMEK, C.A. 1998. Commercialization of proteins produced in the mammary gland. *Theriogenology* 49:139-144.

CAPITULO X

PROPUESTAS METODOLOGICAS PARA LA EVALUACION ECONOMICA DE PROBLEMAS REPRODUCTIVOS

Ernesto Reyes

*Fundación Centro Internacional en
Capacitación para el Desarrollo Pecuario
Bogotá, Colombia*

CAPITULO X

PROPUESTAS METODOLOGICAS PARA LA EVALUACION ECONOMICA DE PROBLEMAS REPRODUCTIVOS

Ernesto Reyes¹

INTRODUCCION

El interés en los efectos económicos que producen las enfermedades se han incrementado en los últimos años. Muchos estudios se han dedicado a evaluar el efecto económico de una entidad exclusiva, como por ejemplo mastitis (Janzen 1970; Pilchard 1972; Natzke 1976; Dobbins 1977; Blosser 1979; Fetrow 1980; Fetrow y Anderson 1987; Kirk y Bartlett 1988) o problemas reproductivos (Spiecer y Meadows 1967; Legates y Louca 1967; Pelissier 1972; Esslemont 1974; James y Esslemont 1979; Olds *et al.* 1979; Holmann *et al.* 1984; Dijkhuizen y Renkema 1985; Dijkhuizen *et al.* 1985; Bartlett *et al.* 1986a, b, c; Slanning 1986; Marsh *et al.* 1987). Algunos estudios han señalado los efectos económicos de una enfermedad, causada por un agente etiológico (Goodger y Skirrow 1986; Hallum *et al.* 1986; Kliebenstein *et al.* 1986), pero muy pocos autores han elaborado acerca de la economía de la prevención y el control de enfermedades (Grunsell *et al.* 1969; Morris 1971; Barfoot *et al.* 1971; James y Ellis 1979;

¹ M.V., MSc. en Administración de Empresas Agropecuarias. Director Ejecutivo de la Fundación CICADEP, Carrera 7 No. 172 - 85 Piso 3, Santafé de Bogotá, Colombia.

Goodger y Kushman 1984; Alderink 1986; Ellis 1986; Hallum *et al.* 1986; Alderink y Kaneene 1988).

La eficiencia técnico-económica de los sistemas pecuarios en América Latina ha mostrado, en los últimos años, una marcada mejoría en la mayoría de los aspectos que componen estos sistemas. Sin embargo, existe un factor que no ha sido lo suficientemente evaluado; éste corresponde a la fertilidad bovina. Las relaciones entre la eficiencia reproductiva de los hatos ganaderos y la rentabilidad de las explotaciones pecuarias han sido discutidas y revisadas detalladamente. Sin embargo, las metodologías existentes para evaluar las interacciones entre estos dos factores difieren ampliamente.

Las metodologías que se describen a continuación contemplan la evaluación económica de la eficiencia reproductiva desde varios puntos de vista. En la primera sección se hace énfasis en el aspecto metodológico de cualquier tipo de evaluación, trabajando básicamente con los factores que componen el aspecto reproductivo. Posteriormente se describen los factores de la producción que están directamente afectados por los problemas reproductivos. Estos problemas conllevan a una serie de manifestaciones como pérdidas de calores, altas tasas de reemplazo, incremento en los costos de mantenimiento, etc., que deben ser evaluados. Teniendo en cuenta los factores de la producción afectados por los problemas reproductivos y sus manifestaciones externas, se puede llegar a la construcción aproximada de un "modelo", donde se totalicen las pérdidas por infertilidad bovina.

En la tercera sección se presenta un modelo para el cálculo aproximado de las pérdidas producidas por infertilidad bovina.

Posteriormente, se hace una descripción de los índices financieros más importantes de las explotaciones, cómo se calculan y qué indica cada uno de ellos, para observar las modificaciones que posibles problemas (como la infertilidad) ocasionan sobre estos índices.

Finalmente, es importante anotar que el enfoque que se le da a la metodología y al cálculo mismo, es qué potencial tendría la reproducción bovina como herramienta para mejorar la rentabilidad de los hatos ganaderos. Expresado de otra manera, cuál es el impacto en términos económicos de la infertilidad bovina dentro de la explotación ganadera.

EVALUACION ECONOMICA DEL COMPONENTE REPRODUCTIVO

Un programa regional de evaluación reproductiva requiere la definición de los siguientes aspectos:

- **Objetivos.**
- **Conocimiento de los sistemas de producción por evaluar.**
- **Tamaño de la muestra.**
- **Representatividad de la muestra dentro de la región.**

- Costo del estudio en relación a tiempo, recursos físicos y humanos.

Estas evaluaciones involucran los siguientes pasos:

1. Toma de información reproductiva del hato
2. Procesamiento, análisis e interpretación de la información
3. Divulgación de resultados y tendencias
4. Implementación de medidas para la corrección de las deficiencias encontradas

1. Toma de información reproductiva en el hato

Requiere (a) del diseño y desarrollo de una encuesta donde se recoja información relacionada con el manejo reproductivo de la finca, uso de inseminación artificial, tipo de semen empleado, manejo de la alimentación, prácticas sanitarias, etc., y (b) del establecimiento de un sistema de registros sencillo y conciso para la toma de información dinámica.

La toma de este tipo de información se hace necesaria para evaluar el comportamiento animal durante el postparto, la época de mayor importancia para la determinación de la eficiencia reproductiva, y también para conseguir la información necesaria para obtener los índices reproductivos suficientes para realizar una evaluación completa.

Sin embargo, este último paso puede ser evitado cuando en las fincas se dispone de un buen sistema de registros que por lo menos consigne los eventos reproductivos ocurridos entre los dos últimos partos de cada vaca.

La duración del período de recolección de datos a nivel de finca depende de la calidad de la información recolectada a medida que avanza el estudio, aunque generalmente se podría aceptar un período interpartos (aproximadamente un año) como un intervalo de tiempo prudente que podría de alguna forma asociar el desempeño reproductivo de los animales con la estacionalidad de las lluvias, por ejemplo.

Sin lugar a dudas, los procesos de medición que consideran períodos mayores a un año tienen la capacidad de reducir las posibilidades de sesgo relacionadas con años malos o cambios puntuales en las prácticas de manejo de las fincas, y aumentan la capacidad de asociar cambios en el componente reproductivo con los otros componentes del sistema.

El examen genital periódico de las vacas puede ser de ayuda para corroborar los datos encontrados en los registros, para consignar eventos que no aparecen en ellos y, en general, para constatar el estado reproductivo de los animales en edad fértil. La profundidad con que se emplee la evaluación genital depende de la complejidad con que se quiera abordar el estudio.

La información que se recoge en los registros se convierte en índices reproductivos que permiten la comparación con datos encontrados también a nivel de finca y en la región en cuestión (Fig. 1).

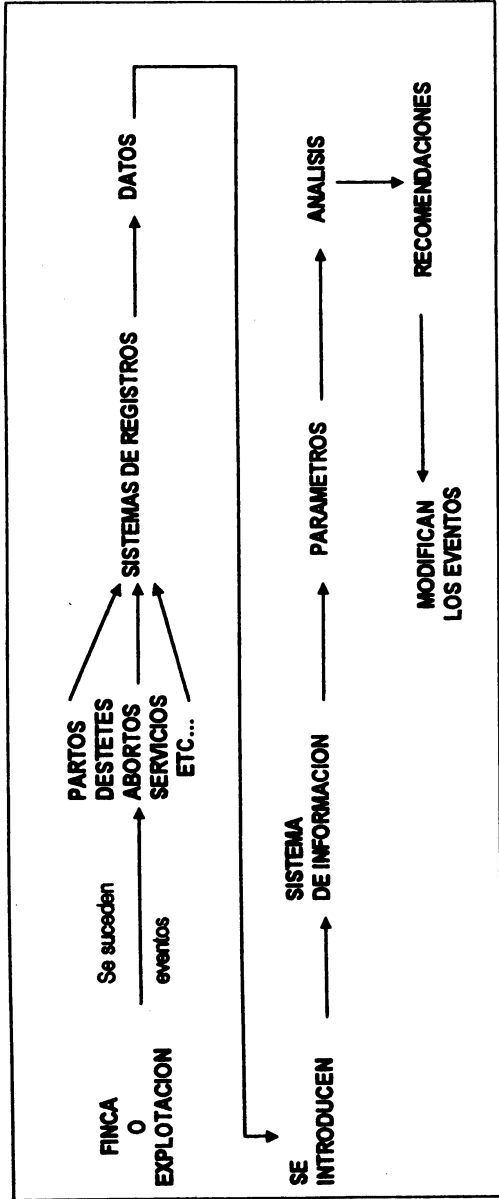


Fig. 1 Manejo de información a nivel de finca

Los *datos básicos* con los cuales se puede conocer el estado actual y futuro del hato (y también calcular índices y parámetros de fertilidad) son:

- Fecha del penúltimo parto
- Fecha del último parto
- Fecha del calor o calores postparto
- Fecha de los servicios realizados en el postparto
- Confirmación de preñez

A partir de estos datos se pueden obtener una serie de índices que, al ser analizados en conjunto, permiten evaluar la magnitud de un problema en la eficiencia reproductiva. Estos índices son:

- Intervalo entre partos
- No. de días abiertos o intervalo parto-concepción
- Estado reproductivo del hato
- Tasa de concepción o número de servicios por concepción
- Eficiencia en la detección de calores

2. Procesamiento, análisis e interpretación de la información

Es imprescindible que la información se sistematice debido a que el volumen de información a trabajar, no solo a nivel de finca

sino a nivel regional, puede ser amplio y complejo de tabular y procesar, y casi siempre hay limitaciones en recursos humanos.

Para este propósito, existen programas computarizados diseñados y acondicionados a las exigencias de los sistemas de producción encontrados en los países latinoamericanos. Específicamente el Sistema de Monitoreo de Hatos Ganaderos con el Programa MONTY, que incluye el manejo de datos reproductivos y que ha desarrollado el Proyecto Colombo-Alemán ICA-GTZ durante aproximadamente 10 años de trabajo en Colombia, es un ejemplo de estos.

Respecto al análisis e interpretación de los resultados, es de vital importancia reconocer que, debido a la diversidad de sistemas agroecológicos y razas de ganado, los sistemas de producción tropicales son muy particulares y *no es sensato emplear los parámetros o estándares de los países templados*, como guía para evaluar la eficiencia reproductiva de los hatos ganaderos en el trópico.

Es por esto que se debe emplear una metodología más objetiva que tenga como base los índices reales obtenidos en las fincas evaluadas. El objeto es emplear como parámetros de eficiencia los índices encontrados para los mejores animales que conforman el 25% superior de cada finca (para la evaluación a nivel de finca) y el 25% de las fincas con mejores índices reproductivos, como guía para evaluar la región o el sistema de producción en estudio.

3. Divulgación de resultados y tendencias

Un formato práctico en el que se pueden mostrar los resultados fácilmente a los productores son las gráficas de barras. Por ejemplo, se pueden graficar los efectos de la estacionalidad climática, o los efectos de una alimentación inadecuada, contra bajas tasas de concepción encontradas en un hato.

Los porcentajes, índices etc., deben ser comparados con los parámetros previamente establecidos para el grupo superior de fincas dentro de la región como tal. En un plan regional de mejoramiento de la eficiencia reproductiva es de gran importancia mantener un contacto estrecho con los productores durante la realización del trabajo. Al momento de presentar los resultados, éstos deben incluir la estimación del impacto económico para así de antemano poder asegurar la implementación de una serie de medidas correctivas y exitosas.

4. Implementación de medidas para la corrección de deficiencias

Los cambios en los programas de manejo, tales como el inicio de una evaluación rutinaria del toro, una asesoría en el manejo nutricional, el control de enfermedades o el descarte de vacas improductivas, deben estar basados en hechos. La implementación de estos cambios debe ser con base en la reducción de las pérdidas económicas según una proyección de los costos que implica modificar el sistema actual de manejo y el retorno a la inversión por realizar.

Los informes anuales escritos, conteniendo las medidas tomadas y los efectos encontrados a nivel de finca sirven para la evaluación final de los resultados alcanzados bajo el programa de mejoramiento reproductivo implementado.

De todas formas en cualquier tipo de evaluación, bien sea técnica, económica o las dos, existen aspectos metodológicos fundamentales para su desarrollo. Debe tenerse en cuenta (a) qué se quiere hacer con la información recolectada, (2) cómo recolectar esta información, conocer su disponibilidad (acceso, tiempo, recursos empleados, etc.), (c) cómo utilizarla, para qué tipo de análisis emplearla y (d) cómo presentar los resultados de la evaluación.

En la introducción de este documento, se describió de manera muy general los aspectos metodológicos a tener en cuenta para una evaluación económica del componente reproductivo, dentro de un sistema de producción. Teniendo definido un enfoque metodológico de lo que se quiere hacer, qué tipo de información recolectar, cómo analizarla y presentarla, ahora sí se puede entrar a evaluar económicamente los diferentes componentes del sistema de producción ganadero, afectados por problemas reproductivos.

EFICIENCIA REPRODUCTIVA Y RENTABILIDAD DE LA EXPLOTACION

La rentabilidad de las empresas ganaderas en sus modalidades de leche, carne ó doble propósito se encuentra

íntimamente relacionada con el comportamiento reproductivo de los hatos. Esta rentabilidad se ve afectada directamente por índices productivos como la producción de leche/lactancia, número de crías/año y ganancias de peso/día. Es así cómo la producción de leche es una función de la leche producida por lactancia y la proporción de vacas en ordeño; esta última determinada por la tasa de natalidad.

Uno de los aspectos más importantes en la evaluación reproductiva son las pérdidas en producción y los costos adicionales incurridos como consecuencia de una "ineficiencia" reproductiva. Se conocen trabajos que han logrado determinar pérdidas promedio de USD 1.59 por vaca adulta y USD 1.84 por vaca de primer parto por día abierto a partir del día 115 postparto (Weaver 1987). Además, la infertilidad puede causar aproximadamente un tercio de los descartes en explotaciones lecheras (Weaver y Goodger 1987).

Otro de los parámetros útiles para evaluar la eficiencia reproductiva de un hato es el intervalo entre partos (IEP). Weaver (1987) señala que si se comparan dos hatos con una vida productiva promedio de cuatro a cinco años, uno de ellos con un IEP de 365 días y el otro con 410 puede producir 12.5% más terneros por vida productiva que un hato con 410 días de intervalo entre partos promedio.

Con respecto a las pérdidas en producción, se han realizado estudios (Legates y Smith 1962) donde se ha establecido que la leche producida por día de intervalo entre partos disminuye a medida que los días abiertos aumentan. Con los picos de la producción presentándose en los primeros meses de la lactancia, cualquier prolongación del intervalo entre partos es probable que

disminuya la producción promedio por día o por año; de esta manera, los días abiertos producen sus efectos sobre los días en producción, los días en periodo seco y sobre la tasa de disminución en producción, posterior a 120 días de lactancia - persistencia de la producción-. Existe una alta correlación entre los días abiertos y la producción de leche por lactancia, siendo este efecto más marcado en los animales adultos que en las vacas de primer parto (Olds *et al.* 1979). Animales de primer parto tienden a ser más persistentes -una mayor duración en el pico de producción- que los animales adultos y se ven menos afectados por los días abiertos.

En términos de producción de leche por lactancia o por año, evaluaciones muy detalladas y sistemáticas, utilizando regresión lineal (Olds *et al.* 1979), han establecido que cada día abierto adicional a un intervalo parto-concepción entre 70-120 días resulta en 4.5 kg menos de leche, para animales de primer parto y 8.6 kg menos para animales adultos. Los días abiertos, siempre y cuando no sean mayores que 130 días postparto, están asociados con un incremento en la producción diaria a lo largo de los 305 días de la segunda lactancia. De esta manera, la evaluación de las pérdidas económicas producidas por los días abiertos resulta un poco confuso. Se tendría entonces que tener en cuenta las ganancias positivas de las primeras lactancias y calcular sólo las pérdidas para las lactancias subsiguientes.

Con los argumentos revisados anteriormente, resultan evidentes los efectos que causa la infertilidad bovina sobre la producción y, por ende sobre la rentabilidad de las explotaciones lecheras. A continuación se desarrolla un modelo para el cálculo aproximado de los costos causados por la infertilidad bovina.

COSTOS DE LA PRODUCCION NO PERCIBIDA POR PROBLEMAS REPRODUCTIVOS

En las explotaciones pecuarias, la única forma de medir la eficiencia financiera de los sistemas es mediante la evaluación de la rentabilidad de las mismas al final de períodos de tiempo o ciclos de producción. Si se carece de índices financieros de las explotaciones, cualquier evaluación técnica estará incompleta y generará información parcial, puesto que existe una gran diferencia entre la eficiencia técnica y la eficiencia económica de los sistemas de producción. La primera (eficiencia técnica o biológica), se refiere a lograr el *máximo de el potencial productivo* de los factores involucrados en la producción; la segunda (eficiencia económica), busca obtener el *máximo del potencial productivo, pero al menor costo*. A partir de este concepto, se desarrolla una metodología para calcular los costos de la producción dejada de percibir por la presencia de problemas reproductivos, la cual está basada en un modelo presentado por algunos autores (Lotthammer 1986).

Los modelos que evalúen las pérdidas expresadas en leche y crías dejadas de percibir, tienen que ser desarrollados sobre la base de la producción que se obtendría si las condiciones reproductivas estuvieran comportándose como un *óptimo*. Es decir, si no existieran los problemas reproductivos, ¿cuál sería la producción y los costos que el sistema de producción generaría y cómo sería el rango de los parámetros que miden la eficiencia reproductiva?. El animal *óptimo* o *ideal*, que permite las comparaciones, sería aquel que, pariendo una vez por año, produzca tanta leche por año y durante tantos años como sea posible, pero *al menor costo*. Lo anterior hace referencia al individuo durante su ciclo total de vida, pero también habría que

establecer el ciclo de producción *ideal*. Este podría ser una novilla con su primer parto a una edad adecuada, pariendo un animal genéticamente bueno, estrictamente cada doce meses, por tantos años como sea posible, que bien alimentado tenga una *producción económicamente óptima*, para que realice el mayor aporte a la rentabilidad ganadera.

En este punto comienza el problema del análisis, puesto que estos óptimos no son alcanzables en los sistemas reales de producción. Algunos modelos se trabajaron al comienzo con estos óptimos, sin tener en cuenta que para obtenerlos, se tendría que manejar un hato completamente libre de problemas de cualquier índole. Al comparar la eficiencia productiva y reproductiva con parámetros extranjeros se estaría cometiendo el mismo error. La pregunta que surge es ¿qué óptimos utilizar?. Una posibilidad es generar óptimos dentro de la misma explotación, a partir de los animales que presenten un mejor comportamiento tanto productivo como reproductivo. Para esto se debe establecer un porcentaje de los animales *élite* (generalmente el 25%) agrupados bajo el parámetro de *producción de litros de leche por día de intervalo entre partos*. De esta forma se está teniendo en cuenta implícitamente muchos de los factores productivos y reproductivos que inciden directamente en las explotaciones.

a. Metodología para evaluar la producción que se deja de percibir por problemas reproductivos a nivel de finca. Esta metodología es un cálculo simplificado de la producción dejada de percibir, teniendo en cuenta parámetros reproductivos, productivos y económicos.

Cada día abierto adicional, extiende el intervalo entre partos disminuyendo así el número de terneros(as) disponibles para

reemplazo. Si se tienen dos vacas, una con un IEP de 12 y otra de 14 meses, en un periodo de siete años habrá una diferencia máxima de un ternero en favor de la vaca con un IEP de 12 meses. Cuando el valor de cada cría al nacimiento es establecido, la disminución en el ingreso por esa pérdida puede ser calculado para cada día abierto. Este valor, sumado a la disminución en la producción de leche, puede sugerir el cálculo de una pérdida económica total por cada día abierto (Bar-Anan y Soller 1979) . Este argumento será la base para el ejercicio que a continuación se desarrolla como ejemplo del modelo sugerido en este documento. Se ha tomado una explotación lechera en la Sabana de Bogotá (Colombia), con seguimiento por más de dos años usando un sistema de registros en computador, donde se evalúan parámetros de salud, producción, reproducción y economía. Este modelo fue establecido e implementado por el Proyecto Colombo-Alemán ICA-GTZ, "Introducción de un Modelo de Asistencia Técnica Integral Pecuaria". Se debe hacer especial énfasis en que se ha seleccionado una explotación con serios problemas reproductivos, para poder observar de manera más clara su impacto.

Cuadro 1. Parámetros reproductivos obtenidos en una explotación lechera en la Sabana de Bogotá, Colombia.

	General	Elite
No. animales evaluados	94	24
Días abiertos	275	140
Intervalo entre partos, días	495	420
Servicios por concepción	2.4	1.5

En el Cuadro 1 se puede observar que la diferencia en días abiertos e IEP es de 135 días, entre el grupo élite y el promedio general de la finca. Establecida la diferencia en parámetros reproductivos, el siguiente paso es comparar los parámetros productivos; se calcula la producción total de leche por animal, ajustada al promedio de duración de la lactancia del grupo de animales élite dentro de la explotación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros de producción obtenidos en una explotación lechera en la Sabana de Bogotá, Colombia.

	General	Elite (ajustada)	Diferencia
Producción total de leche/año, l	4,861	5,520	785
Duración de la lactancia, días	385	345	40
Producción por vaca/día, l	12.6	16.0	3.7

El valor de 5,520 l es el ajustado al promedio de duración de la lactancia de los mejores animales dentro de la explotación.

Los parámetros económicos son más fáciles de establecer puesto que pueden ser obtenidos de cifras reales y en los casos donde los registros financieros son llevados adecuadamente el cálculo se simplifica mucho más. El primer valor a establecer es el precio por litro de leche y, si se está evaluando un período de tiempo, el valor será el promedio de los precios del litro durante ese período de tiempo. Para valorar las crías se procede de la misma manera; en las explotaciones donde los machos son

vendidos inmediatamente; este valor será fácil establecerlo y, en caso contrario, el precio de los animales en el mercado será suficiente. Aquí entran a jugar un papel importante varios factores como el potencial genético y productivo del animal y otros.

Existen otros dos valores necesarios, los cuales pueden presentar algún grado de dificultad debido a que su cálculo obedece a un adecuado sistema de registros financieros. Estos son el costo de mantenimiento por vaca/día/hato y el costo del suplemento por vaca/día/lactancia. El primero, se calcula totalizando los gastos incurridos en la producción de leche, que incluyen todos los insumos excepto suplementos como forrajes, drogas, servicios veterinarios y sales. Para calcular el valor de los forrajes existen diferentes metodologías (Warren 1987); sin embargo, la forma más simple es totalizar todos los costos de establecimiento (preparación de la tierra, semillas, fertilizantes, etc.) y mantenimiento de los potreros (fertilizantes, correctores, matamalezas, jornales, etc.). Además de estos costos, se deben considerar los gastos ocasionados por mano de obra, administración, servicios, etc. Costos de inversión, como compra de maquinaria y equipos y otros se excluyen del cálculo. Algunos autores incluyen costos de depreciación de maquinaria, equipos e instalaciones, amortización de capital y pago de intereses por dinero prestado (Lothammer 1986); en este ejemplo no están incluidos, puesto que no se consideran costos exclusivamente de mantenimiento para los animales de la explotación. El criterio para determinar qué tipo de costos incluir sería todos los costos variables (aquellos directamente relacionados con la producción: forrajes, insumos, drogas, etc..) y una proporción de los costos fijos (servicios, administración, mano de obra fija y mantenimiento de la finca).

En los hatos donde se suplementa el ganado, los gastos correspondientes se registran aparte; la suma de ellos constituye los costos de la suplementación y se expresa por vaca en lactancia. Para el ejemplo en mención, los parámetros económicos son:

- Valor del litro de leche, USD 0.23
- Valor del ternero macho, USD 21
- Valor de la ternera hembra, USD 100
- Costo diario de mantenimiento por vaca en el hato, USD 0.61
- Costo diario del suplemento por vaca en lactancia, USD 0.50

La producción de leche adicional que se obtiene como resultado de la larga permanencia de los animales en lactancia, debe calcularse dado que los ganaderos tienden a dejar mas tiempo en producción sus animales sin "secarlos" en el tiempo prudencial, compensando las bajas en producción por infertilidad. Para ello, se hace el supuesto que la producción adicional al final de la lactancia es la mitad del promedio de la lactancia ($12.31 + 2 = 6.1$ l). Como la diferencia en duración de la lactancia es 40 días, al multiplicar por 6.1 se obtiene una producción adicional debido a IEP prolongados de 244 l/vaca y de 22,936 l/hato (al multiplicar por 94, que es el número de vacas del promedio general).

El siguiente cálculo hace referencia a la producción que se deja de percibir en leche no ordeñada y crías no nacidas. Si se multiplican los 135 días abiertos adicionales posteriores a 140 días

(establecidos como óptimos) por el total de animales en la explotación (94) y esta cifra a su vez por la producción diaria de vaca en lactancia (12.6 l), se obtendrá la cantidad de leche no ordeñada como resultado de problemas reproductivos reflejados en días abiertos muy prolongados (159,894 l).

Para el cálculo de las crías dejadas de nacer se tienen en cuenta los días abiertos adicionales (135 días); si se multiplica este valor por el total de vacas (94) se tendrá el total de los días abiertos "extras" para todas las hembras en el hato. Este resultado es dividido por el IEP promedio en la finca (495 días) y se obtiene un estimado de las crías no nacidas. Se supone que el 50% de los animales son hembras y el otro 50% son machos. De esta forma se completa el cálculo de las pérdidas en producción por días abiertos.

El proceso se completa al involucrar los precios por litro de leche dejada de recibir y por cría no nacida (Cuadro 3).

El análisis anterior fue realizado sobre un IEP de 495 días, un período de más de un año. Para expresar las pérdidas en forma anual, como se expresan la mayoría de los parámetros técnicos, los cálculos deben ser ajustados:

$$420 \text{ días IEP óptimo} / 495 \text{ días de IEP promedio} = 0.84$$

Para el ejercicio en cuestión, de un hato con las producciones y costos mencionados, un día abierto adicional posterior a 140 días cuesta USD 2.058 (el 84% de 2.45) por año, y las pérdidas económicas totales por año son de USD 26,182.30.

Cuadro 3. Resumen del cálculo de los costos de un día abierto adicional**Producción no obtenida***Leche*

(135 días ab.)(94 vacas)(12.6 l/día)=159,894 l

Valor de la leche =(USD 0.23)(159,894 l) = USD 36,775.62

Termeros

(12.8 machos)(USD 21) + (12.8 hembras)(USD100) = USD 1,548.8

Total en leche y crías = USD 38,324.42

Ingresos por leche adicional

(22,936 l)(USD 0.23) = USD 5,275

Ahorro en costos de suplementación

(40 días)(94 vacas)(USD 0.50)= USD 1,880

Beneficio total no percibido

38,324.42 - (5,275 +1,880) = USD 31,169.42

Beneficio por vaca no percibido

31,169.42/94 vacas = USD 331.58

Beneficio no recibido por día abierto adicional

USD 331.58 + 135 días abiertos = USD 2.45

b. Costos de producción adicionales por problemas reproductivos. Además de los beneficios económicos que se dejan de percibir, a causa de la infertilidad o la disminución de la eficiencia reproductiva, existen otros efectos adicionales que ocasionan gastos adicionales e incrementos en otros costos. Los efectos cuantificables de estos costos se pueden observar en:

- Mayores tasas de reemplazo.
- Aumento en los costos de mantenimiento.
- Aumento en los costos de la inseminación y/o monta natural.
- Pérdida de calores.

Altas tasas de reemplazo. Por definición, los costos promedios de reemplazo se calculan mediante la diferencia entre el precio de los animales de desecho y el precio de las novillas de vientre. El Cuadro 4 presenta un ejemplo de cómo calcular estos costos.

Aumento en los costos de mantenimiento. A medida que se prolongan los intervalos entre partos, así mismo los requerimientos del hato se incrementan exigiendo gastos adicionales en fertilizantes, forrajes, suplementos, etc. El siguiente ejercicio demuestra cómo calcular estos costos (Cuadro 5).

Cuadro 4. Evaluación de costos debidos al incremento en la

Determinación de la tasa de reemplazo	
No. de animales	94
No. de animales descartados	28
Tasa de reemplazo $(28+94)(100)$	30%
No. animales descartados por infertilidad	12
Tasa de reemplazo por infertilidad $(12+94)(100)$	11%
Costos de los reemplazos, USD	
Precio animales de descarte	295
Precio novilla de vientre (costos de producción)	800
Costo de reemplazo por animal $(800 - 295)$	505
Costo de reemplazo por hato $(28)(505)$	14,140
Costo de reemplazo por vaca en el hato/año	150.42
Costo de reemplazo por infertilidad $(12)(505)$	6,060
Costo de reemplazo por infertilidad (vaca/año)	64.4

Cuadro 5. Incremento de costos de mantenimiento por infertilidad

Costos de mantenimiento, USD/ vaca/día	0.61
Diferencia entre intervalo óptimo y el promedio, días.	135
Costo de mantenimiento por infertilidad, USD/vaca total	82.3
Costo de mantenimiento por infertilidad, USD/vaca/año (factor=0.84)	69
Costo de mantenimiento por infertilidad, USD/hato/año (94 vacas)	6,486

Aumento en los costos de la inseminación artificial. Los costos de la inseminación se elevan a medida que se aumentan los servicios por concepción. Si se tiene un precio promedio por servicio de USD 11 y el promedio de servicios por concepción es de 1.5 para el óptimo de la explotación, el costo de la inseminación artificial es de USD 16.5 por vaca preñada. Si estos servicios por concepción se incrementan a 2.4, como es el promedio de la finca, el valor de la inseminación es de USD 26.4 por vaca preñada. Por cada animal que se preña en la finca se están perdiendo USD 10.0. El cálculo de la natalidad, a partir de los días abiertos, arrojaría los siguientes valores :

$$\begin{aligned} \% \text{ Natalidad} &= 100[365/(280 \text{ días gestación} + 275 \text{ días abiertos})] \\ &= 65.7\% \end{aligned}$$

No. de vacas =	94
% de natalidad =	65.7
No. de vacas inseminadas y preñadas =	61.7
Costos adicionales = 61.7 inseminaciones x USD 10 =	617

Pérdida de calores. La deficiente detección de calores se ha convertido en uno de los factores que más inciden en la rentabilidad de las explotaciones, dado que influye en pérdidas de producción de leche y crías por año y afecta el costo de mantenimiento (Esslemont 1974). El costo de un calor no detectado, o sea el valor de un ciclo de 18-21 días, a partir de los valores del Cuadro 3, es de USD 51.4 (USD 2.45 por día adicional multiplicado por 21 días).

En la actualidad existen múltiples métodos para calcular el impacto económico de problemas reproductivos, infertilidad bovina o ineficiencia reproductiva. Algunos son metodologías

sofisticadas, donde se emplean cálculos de regresiones, programación lineal, simulación, etc. Otras herramientas ofrecen una cuantificación aproximada del papel que juega el componente de la fertilidad dentro de la rentabilidad de las explotaciones agropecuarias; sin embargo, *es difícil apreciar los verdaderos costos a nivel de finca porque existe un considerable retraso en tiempo desde la variación de los parámetros y la observación de las consecuencias financieras.*

El análisis presentado evalúa aisladamente los problemas reproductivos. Una visión más objetiva del impacto económico involucra el efecto de la infertilidad sobre los parámetros financieros de las explotaciones. Un sistema de producción, compuesto por múltiples factores, se expresa económicamente en su *rentabilidad o margen de ganancia.*

EFFECTO DE LA FERTILIDAD SOBRE LOS PARAMETROS FINANCIEROS DE LA EXPLOTACION

En este capítulo no se busca conocer detalladamente la estructura financiera de una explotación; simplemente se describen los parámetros más importantes desde el punto de vista financiero, que indiquen de una forma acertada la eficiencia de los insumos en la producción. De ninguna manera se está buscando evaluar capitales para inversión, costo de la tierra, costo de oportunidad y demás factores; solamente se calculan las variaciones en los parámetros financieros por concepto de los problemas reproductivos.

Todo productor considera su explotación como una empresa que debe generar utilidades o excedentes económicos. Para esto, es primordial que conozca con exactitud cuánto le cuesta producir y si el precio que recibe por su producto le deja obtener un margen de ganancia razonable. En consecuencia, toda explotación debe realizar un análisis económico de su estructura productiva realizando actualizaciones periódicas de la información, de tal forma que esté disponible en el momento que sea requerida para apoyar la toma de decisiones que involucren el futuro económico de la explotación.

Lo anterior es posible realizarlo mediante un sistema de registros económicos que relacionen en una forma sistemática los ingresos y egresos (costos) de la producción. Con base en ello se podrá evaluar la rentabilidad de la explotación pecuaria, comparando los ingresos y egresos de los diferentes grupos de edades por unidad de superficie y por unidad animal, para finalmente obtener la rentabilidad total de la finca.

Cada finca o explotación está compuesta por una serie de actividades, las cuales difieren en parámetros de salud, producción y economía. Por ejemplo, el sistema de explotación de lechería intensiva, estaría compuesto por dos actividades:

1. *Vacas de leche*, cuyo objetivo es producir leche para la venta y terneros(as) que son vendidos al mercado o retenidos en la finca para cría y
2. *Novillas de levante*, cuyo objetivo es producir novillas aptas para ser cargadas y que entran como reemplazos posteriormente.

Una vez subdividida la explotación en actividades, se deben distribuir los ingresos y egresos a cada una de éstas por separado. Existe dentro de los ingresos un rubro denominado "autoconsumo" que no representa dinero en efectivo pero sí involucra costos de producción y, por lo tanto, se deben registrar. Para éstos últimos, se debe hacer un "auto-recibo" o alguna forma donde se haga el registro; un simple cálculo aproximado es suficiente.

En lo que respecta a los egresos también hay que distribuirlos a las diferentes actividades, pero con algunas modificaciones puesto que los costos incurridos en las explotaciones pecuarias se diferencian en *costos variables* y *costos fijos o generales*. Los costos variables son aquellos que pueden ser directamente atribuibles a una actividad, la producción varía en la misma proporción con éstos y se presentan sólo cuando hay producción: gastos de alimentación (concentrados, suplementos), de salud (veterinario, inseminación artificial, drogas), mano de obra temporal (jornales), contratación de maquinaria.

Los costos fijos son aquellos que no varían a corto plazo con el volumen de la producción; son periódicos y no se pueden atribuir específicamente a una actividad. El salario mensual del administrador y de los trabajadores permanentes, impuestos, intereses, servicios, depreciación y reparaciones de maquinaria, equipos e instalaciones, son algunos ejemplos. De esta manera, solamente se distribuirían a cada actividad los costos variables, para medir la eficiencia económica de los insumos de la producción; los costos fijos se adicionan finalmente al cálculo total de pérdidas y ganancias.

Los costos del forraje son variables y, como son determinantes para el sistema de producción pecuario, se deben

registrar detalladamente y por separado (semillas, mano de obra contratada, control de malezas, fertilizantes). Los costos de inversión son aquellos que pueden producir cambios en la producción, pero en una forma indirecta, y sus resultados no tienen un reflejo inmediato en los ingresos de ésta. Dentro de este grupo se considera compra de maquinaria y equipos, construcción y adecuación de instalaciones y otros.

Para el análisis de la información económica se debe efectuar una serie de transferencias internas de una actividad a otra. Hipotéticamente, es como si la actividad vacas de cría le "vende" a la actividad cría de terneros sus crías, registrándose como un ingreso para la actividad que está "vendiendo". En el caso contrario, la actividad cría de terneros, le está "comprando" a vacas de cría los terneros y se registra como un egreso.

Al sumar todos los costos de producción (fijos y variables) y restar este valor a los ingresos totales, se obtiene un registro más exacto de la eficiencia económica de la producción. Preguntas como "¿cuánto me cuesta producir exactamente un litro de leche o un kilo de carne?", pueden ser respondidas mediante estos cálculos. La rentabilidad está determinada por la relación de ingresos y egresos durante un período de tiempo, ya sea un año, seis meses o menos. La frecuencia de estos análisis de rentabilidad dependen de la intensidad de las actividades de la finca; es decir si el ciclo de producción de ceba de novillos es de un año, su análisis obedecerá a este período; esta actividad no necesitará un seguimiento frecuente debido a que sus ingresos y egresos no presentan un flujo constante a través del tiempo. Por el contrario, actividades como la avicultura y lechería, necesitan un control económico con cierta frecuencia, ya que estas poseen un flujo constante de dinero.

El *margen bruto* para una actividad o empresa se define como la diferencia entre el valor de los ingresos y el valor de los costos variables incurridos en la producción, expresados por unidades de producción (hectárea, cabeza). Es decir, el margen bruto analiza cómo se comportan los ingresos y egresos en un periodo de tiempo determinado, para así evaluar la eficiencia de los insumos y de los factores de producción expresados por el factor más limitante (ha, cabeza, salarios). El margen bruto de una actividad difiere de acuerdo a la época del año, específicamente por las diferencias en niveles de producción y de precios.

Al punto donde se quiere llegar es conocer exactamente la incidencia que cada grupo dentro de un sistema de producción tiene sobre la rentabilidad total del mismo. Los parámetros para medir el éxito de una explotación son múltiples; sin embargo, ingresos por animal, por hectárea y por explotación es la forma más objetiva para evaluar si lo que se está realizando en una explotación, conduce a una mejor productividad o no. Estos objetivos pueden ser un poco confusos a la luz de los técnicos y de los mismos propietarios, donde prima la evaluación técnica y los parámetros utilizados suelen ser l/vaca, kg/animal, capacidad/ha. Al final de cualquier análisis *la rentabilidad o la ganancia* es la única forma de evaluar si lo que se realizó en una explotación desde el punto de vista técnico fue acertado o no.

Continuando con el ejemplo, se puede calcular el margen bruto para el hato lechero, resaltando la variación de los índices cuando se adicionan las pérdidas ocasionadas por infertilidad (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de los ingresos brutos de la actividad vacas de leche promedios y potenciales en ausencia de problemas reproductivos

Índices	Promedio	Potencial
Ingresos		
Inventario final	65,800	
Venta de leche	78,684	
Venta de animales	7,800	
Producción no percibida		31,169.4
Total	152,284	183,453.4
Costos		
Inventario inicial	62,000	
Costos variables	39,400	
Ahorro en inseminación artificial		617
Ahorro en costos de mantenimiento		6,486
Ahorro en costos de reemplazo		6,060
Total	101,400	88,237
Margen Bruto		
Total	50,884	95,216.4
Por vaca	541	1,012.9
Utilidad neta, %	33.4	52

Las pérdidas ocasionadas por infertilidad bovina afecta en una alta proporción los márgenes brutos de la actividad de producción de leche en el ejemplo analizado; es decir, la

corrección de los problemas reproductivos conduce a una mejora sustancial de la eficiencia técnico-económica de los insumos de la producción utilizados.

Otro indicador en el análisis financiero, el estado de pérdidas y ganancias, relaciona todos los gastos e ingresos ocasionados en el período evaluado. En su cálculo se deben incluir las variaciones del inventario ganadero al comienzo y al final del periodo, puesto que si el propietario de la explotación ha vendido una buena parte de su ganadería, registraría buenas ganancias, cuando en realidad está vendiendo parte del capital. El Cuadro 7 presenta el estado de pérdidas y ganancias que permite una mejor observación del efecto de la infertilidad bovina sobre el estado rentable de la explotación.

Dependiendo del objetivo de la evaluación, existen metodologías que pueden ser más útiles en un momento dado que otras, pero es importante considerar su simplicidad y facilidad para realizar los cálculos. Debe contarse con una infraestructura de recolección y análisis de información que permita llevar a cabo la totalidad de los análisis. Cuando se cuenta con esta infraestructura de registros e información, a nivel de finca, se puede comenzar a trabajar valores de referencia que sirvan como patrones para establecer valores óptimos dentro de sistemas de producción similares. En los países que cuentan con dicha infraestructura, se han establecido metodologías que evalúan de una forma más empírica los problemas reproductivos, pero toman en cuenta todos los componentes de un sistema de producción.

Cuadro 7. Estado de pérdidas y ganancias (USD) en una explotación lechera en la Sabana de Bogotá (Colombia); situación promedio y potencial.

	Promedio	Potencial
Avalúo en enero 1997	95,400	
Costos variables	41,200	13,163
Costos fijos	23,200	
Total	147,800	134,637
Avalúo en diciembre 1990	98,500	
Ingresos	89,450	31,169.4
Total	187,950	219,119.4
Ganancias	40,150	84,482.4

Un esquema para el análisis de sistemas, no de fincas, implica el agrupamiento de explotaciones que comparten formas similares de producción, patrones de manejo de recursos, intensidad, extensión, etc. Se recomienda agrupar el 10% de las fincas con índices financieros superiores (margen bruto, margen neto, rentabilidad, etc.), es decir, aquellas que dentro de una región o vereda, de acuerdo a patrones similares de manejo, hayan obtenido una rentabilidad superior a las demás. El agrupamiento permite entonces comparar el comportamiento biológico (parámetros reproductivos) de ambos tipos de explotaciones. Obviamente esta superioridad puede estar sujeta a muchos factores externos a los problemas reproductivos, pero usualmente los patrones técnicos y económicos en las explotaciones siempre obedecen a tendencias, es decir a comportarse de manera similar.

En el Cuadro 8 se presenta un análisis comparativo llevado a cabo en Inglaterra por la unidad de extensión del sistema cooperativo de mercadeo lechero (Poole y Mabey 1985).

Cuadro 8. Comparación de parámetros reproductivos de las explotaciones más rentables (10% superior) y menos rentables (10% inferior).

	Muestra total	10% superior	10% inferior
No. de hatos analizados	332	33	33
No. de animales promedio	136	129	111
Días abiertos	99	81	130
Intervalo parto-primer servicio, días	71	64	80
Servicios por concepción	1.8	1.6	2.2
Tasa de descarte, %	32	30	29

Este tipo de información facilita el asesoramiento de las explotaciones y señala la importancia de la información regional, la cual se convierte en un punto de partida para cualquier tipo de análisis. Los esfuerzos deberían estar enfocados a la consecución y estructuración de sistemas de información que permitan evaluar a nivel del animal individual, de finca y de región, los parámetros técnicos y económicos que señalen tendencias y establezcan patrones.

CONCLUSIONES

Para la utilización adecuada de cualquiera de las metodologías disponibles, se debe tener completa claridad acerca de lo que se quiere y para qué se quiere:

- ¿Cuál es el objetivo del análisis a desarrollar?
- ¿Qué tipo de información se requiere para este análisis?
- Información disponible en la región a evaluar.
- ¿Están disponibles técnicas sofisticadas en caso que se requiera el desarrollo de cálculos mas complejos?

Las estimaciones económicas del efecto de enfermedades de cualquier índole, pueden solamente medirse en detalle, mediante índices y/o parámetros extractados a nivel de finca; estos registros deben ser el centro del sistema en mención, con una hoja de vida para cada animal. En hatos muy grandes, el cálculo manual de parámetros reproductivos se dificulta, razón por la cual se debe pensar en la utilización de computadores y programas ya desarrollados que permitan la agilidad de los cálculos, teniendo siempre en cuenta que *la validez de estas metodologías depende exclusivamente de la disponibilidad y la calidad de la información.*

Para la evaluación económica de problemas reproductivos, el interés debe estar enfocado a los efectos (medidos por los diferentes parámetros) y no a la causa en sí. Como ya se resaltó, la fertilidad es un problema muy complejo y resultaría difícil evaluar

si los problemas presentados son uni o multicausales. Finalmente, se debe ser consciente que el desarrollo de un programa de mejoramiento de la fertilidad toma tiempo, que su impacto solo puede ser evaluado en el mediano plazo y que el grado de éxito que se obtiene depende de la experiencia de los técnicos y de su destreza para comunicar y convencer al productor de las bondades que conlleva la implementación de dicho programa.

LITERATURA CITADA

- ALDERINK, F.J. 1986. Determining the macro-costs of animal diseases using a statistically based surveillance system. In Economics of Animal Diseases. E.C. Mather, J.B. Kaneene (Eds.). Saline, Michigan, W.K. Kellogg Foundation, Michigan State University, McNaughton and Gunn. p. 254-261.
- ALDERINK, F.J.; KANEENE, J.B. 1988. Public disease control: Economic considerations. *Acta Veterinaria* 84:501-503.
- BAR-ANAN, R; SOLLER, M. 1979. The effects of days-open on milk yield and on breeding policy post partum: Effect of days-open in cattle. *Animal Production* 29:109-119.
- BARFOOT, L.W.; COTE, J.F.; STONE, J.B.; WRIGHT, P.A. 1971. An economic appraisal of a preventive medicine program for dairy herd health management. *Canadian Veterinary Journal* 12:1-10.

- BARTLETT, P.C.; KIRK, J.H.; MATHER, E.C. 1986a. Repeat insemination in Michigan Holstein-Friesian cattle: Incidence, descriptive epidemiology, and estimated economic impact. *Theriogenology* 26:309-322.
- BARTLETT, P.C.; KIRK, J.H.; WILKE, M.A.; KANEENE, J.B.; MATHER, E.C. 1986b. Metritis complex in Michigan Holstein-Friesian cattle: Incidence, descriptive epidemiology, and estimated economic impact. *Preventive Veterinary Medicine* 4:235-248.
- BARTLETT, P.C.; NGATEGIZE, P.K.; KANEENE, J.B.; KIRK, J.H.; ANDERSON, S.M.; MATHER, E.C. 1986c. Cystic follicular disease in Michigan Holstein-Friesian cattle: Incidence, descriptive epidemiology, and economic impact. *Preventive Veterinary Medicine* 4:15-33.
- BLOSSER, T.H. 1979. Economic losses from and the national research program on mastitis in the United States. *Journal of Dairy Science* 62:119-127.
- DIJKHUIZEN, A.A.; RENKEMA, J.A. 1985. Economic aspects of reproductive failure in dairy cattle. II. The decision to replace animals. *Preventive Veterinary Medicine* 170:1129-1132.
- DIJKHUIZEN, A.A.; STELWAGEN, J.; RENKEMA, J.A. 1985. Economic aspects of reproductive failure in dairy cattle. I. Financial loss at the farm level. *Preventive Veterinary Medicine* 3:251-263.
- DOBBINS, C.N. 1977. Mastitis losses. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 170:1129-1132

- ELLIS, P.R. 1986. The changing prospect for veterinary economics. In *Economics of Animal Diseases*. E.C. Mather, J.B. Kaneene (Eds.). Saline, Michigan, W.K. Kellogg Foundation, Michigan State University, McNaughton and Gunn. p. 292-302.
- ESSLEMONT, J.R. 1974. Economic and husbandry aspects of the manifestation and detection of estrus in cows. III. The detection of estrus. *Journal of Farm Management* 2(2):500-508.
- FETROW, J. 1980. Subclinical mastitis: Biology and economics. *The Compendium of Continued Education* 2(11):79-80.
- FETROW, J.; ANDERSON, K. 1987. The economics of mastitis control. *The Compendium of Continued Education* 9(3):103-109.
- GOODGER, W.J.; KUSHMAN, J.E. 1984. Measuring the impact of different veterinary service programs on dairy herd health and milk production. *Preventive Veterinary Medicine* 3:211-225.
- GOODGER, W.J.; SKIRROW, S.Z. 1986. Epidemiologic and economic analyses of an unusually long epizootic of trichomoniasis in a large California dairy herd. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 189(7):772-776.
- GRUNSELL, C.S.; PENNY, R.H.C.; WRAGG, S.R.; ALLCOCK, H. 1969. The practicality and economics of veterinary preventive medicine. *Veterinary Record* 84:26.

- HALLUM, J.A.; ZIMMERMAN, J.J.; BERAN, G.W. 1986. The cost of eliminating pseudorabies from swine herds in Iowa on an area basis. In *Economics of Animal Disease*. E.C. Mather, J.B. Kaneene (Eds.). Saline, Michigan, W.K. Kellogg Foundation, Michigan State University, McNaughton and Gunn. p. 277-291.
- HOLMANN, F.J.; SHUMWAY, C.R.; BLAKWE, R.W.; SCHWART, E.M. 1984. Economic value of days open for Holstein cows of alternative milk yields with varying calving intervals. *Journal of Dairy Science* 67:636-643.
- JAMES, A.D.; ELLIS, P.R. 1979. The evaluation of production and economic effects of disease. *International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics* (2., Canberra, A.C.T., 1979). [Proceedings]. Canberra, Australian Government Publications Service. p. 363-372.
- JAMES, A.D.; ESSLEMONT, R.J. 1979. The economics of calving intervals. *Animal Production* 29:157-162.
- JANZEN, J.J. 1970. Economic losses resulting from mastitis: A review. *Journal of Dairy Science* 53:1151-1161.
- KIRK, J.H.; BARTLETT, P.C. 1988. Economic impact of mastitis in Michigan Holstein dairy herds using a computerized records system. *Agripractice* 9(1):3-6.
- KLIEBENSTEIN, J.B.; WALKER, K.D.; McCAMLEY, F.P. 1986. Simulation and economic analysis of animal diseases: The case of Johne's Disease in dairy herds. In *Economics of Animal Disease*. E.C. Mather, J.B. Kaneene (Eds.). Saline,

Michigan, W.K. Kellogg Foundation, Michigan State University, McNaughton and Gunn. p. 181-193.

LEGATES, J.E.; SMITH, J.W. 1962. Relation of days open and days dry to lactation milk and fat yields. *Journal of Dairy Science* 45:1192-1198.

LEGATES, J.E.; LOUCA, A. 1967. Production losses in dairy cattle due to days open. *Journal of Dairy Science* 51(4):573-581.

LOTTHAMMER, K.H. 1986. Informe sobre el estudio de la explotación ganadera hacienda "XXX" caso demostrativo. In *Curso Internacional sobre Manejo de la Salud y Productividad en Ganadería Bovina: Conferencia 21. [Memorias]. Bogotá, 22 de septiembre - 3 de octubre, 1986.*

MARSH, W.E.; DIJKHUIZEN, A.A.; MORRIS, R.S. 1987. An economic comparison of four culling decision rules for reproductive failure in United States dairy herds using dairy ORACLE. *Journal of Dairy Science* 70:1274-1280.

MORRIS, R.S. 1971. Economic aspects of disease control programs for dairy cattle. *Australian Veterinary Journal* 47:358-363.

NATZKE, R.P. 1976. The economics of mastitis control. Large Herd Management Symposium. [Proceedings]. Gainesville, Florida, University of Florida, January 1976.

- OLDS, D.; COOPER, T.; THRIFT, F.A. 1979. Effect of days open on economic aspects of current lactations. *Journal of Dairy Science* 62:1167.
- PELISSIER, C.L. 1972. Herd breeding problems and their consequences. *Journal of Dairy Science* 55:385-391.
- PILCHARD, E.I. 1972. Economic importance of mastitis research in the United States. *Agricultural Science Review* 10:30-35.
- POOLE, A.H.; MABEY, S.J. 1985. "CHECKMATE" Report No. 47. Farm Management Services Information Unit. London, Great Britain.
- SLENNING, B.D. 1986. The dynamic assumptions and their effects upon economic analysis in animal agriculture "optimal" calving interval. In *Economics of Animal Disease*. E.C. Mather, J.B. Kaneene (Eds.). Saline, Michigan, W.K. Kellogg Foundation, Michigan State University, Mc Naughton and Gunn. p. 214-240.
- SPIECER, J.A.; MEADOWS, C.E. 1967. Milk production and costs associated with length of calving intervals of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 50:975-983.
- WARREN, M.F. 1987. *Financial Management for Farmers*. 2 ed. Tiptee, Essex, Great Britain. Anchor Brendon Ltd. 306 p.
- WEAVER, L.D.; GOODGER, W.J. 1987. Design and Economic Evaluation of Dairy Reproductive Health Programs for Large Dairy Herds. Part II. *Compendium Food Animal* 9(11):355-365.

CAPITULO XI

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION REPRODUCTIVA: CONCLUSIONES

Manuel E. Ruiz y Bernardo Rivera S.

*Red de Investigación en Sistemas Sostenibles Pecuarios
de América Latina (RISPAL), IICA, Managua, Nicaragua, y
Universidad de Caldas, Manizales, Colombia, respectivamente*

CAPITULO XI

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION REPRODUCTIVA: CONCLUSIONES

Manuel E. Ruiz¹ y Bernardo Rivera S.²

El objetivo de la discusión, a partir de la integración de las diferentes contribuciones especializadas, fue el ofrecer una propuesta metodológica simple y lógica a los investigadores que usan el enfoque de sistemas y, sobre todo, adecuada a los diferentes estados de desarrollo de los proyectos de investigación. Se conformaron dos grupos de trabajo en función de las diferentes especies animales: (1) bovinos y camélidos sudamericanos y (2) rumiantes menores, cuyes y porcinos. A cada grupo se le solicitó discutir sobre la información mínima requerida para evaluar el componente reproductivo, los parámetros a medir y calcular la frecuencia en la toma de información en cada una de las etapas de la investigación con enfoque de sistemas, lo mismo que criterios para el desarrollo de estudios específicos y para el manejo de la experimentación, sea a nivel de finca o de estación experimental. No obstante que son amplios los conocimientos adquiridos a través de la investigación sobre el comportamiento reproductivo de las diferentes especies y los factores que lo condicionan, se solicitó discutir aquellos aspectos que requieren de un esfuerzo para

¹ Ph.D., Secretario Ejecutivo de RISPAL, IICA, Apartado 4830, Managua, Nicaragua.

² M.V., Dr.sc.agr., Departamento de Sistemas de Producción, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Apartado Aéreo 275, Manizales, Colombia

generar el conocimiento necesario para comprender mejor los sistemas y plantear alternativas acordes a su desarrollo.

BOVINOS Y CAMELIDOS SURAMERICANOS

Participaron en este grupo Gustavo López (Moderador), Luzardo Estrada (Secretario), Martha Olivera, Manuel I. Gallego, Hemerson Moncada, César Novoa, Freddy Gonzáles y Lucía Vaccaro.

Manuel E. Ruiz y Bernardo Rivera actuaron de conductores y facilitadores de las discusiones del grupo.

Bovinos de leche

Se consideró que, al menos para los países latinoamericanos, no se requiere de trabajos básicos con enfoque de sistemas en este tipo de explotaciones en razón del alto grado de especialización que han alcanzado, la intensidad en la experimentación desarrollada y la cantidad de información disponible.

Bovinos de doble propósito y carne

Se definió como Sistema de Doble Propósito, el conjunto de explotaciones que realizan el ordeño con apoyo del ternero; en su mayoría conformadas por animales que no poseen una composición genética definida. De la misma manera, el Sistema de

Producción de Carne fue definido como el conjunto de explotaciones que poseen vacas de cría, sin ordeño, y cuyo único fin es la producción de terneros. Los resultados de la discusión se presentan sin discriminar dado que muchos de los parámetros son válidos para ambos sistemas.

Caracterización estática. En una única visita a las fincas es factible obtener información útil para caracterizar y comparar sistemas de producción y para tener una primera aproximación a la realidad del productor y su sistema:

- Inventario de las diferentes categorías animales
- Condición corporal con criterios unificados para los países latinoamericanos. Se recomendó hacer esta evaluación con base en las pautas diseñadas en 1978 por el Ministry of Agriculture, Fisheries and Food de Escocia (Advisory Leaflet 612). De contar con las facilidades necesarias para el pesaje de los animales deberá tomarse esta información y, dependiendo de la especificidad del estudio, deberá contarse con una medida del tamaño del animal (altura, longitud, etc.).
- Edad de los animales, por registros si los hubiere o por desarrollo dentario. Esta información es particularmente útil para los terneros lactantes.
- Examen ginecológico de vacas y novillas mediante palpación rectal, para determinar estado sanitario, función ovárica y gestación.

- Producción de leche de las vacas en lactancia.
- Inventario de actividades que se realizan en el hato en cuanto a sanidad, suplementación, alimentación y manejo.
- Precio de insumos y de productos de la finca, particularmente leche y terneros destetados.
- En condiciones específicas, mediante análisis serológicos puede establecerse la prevalencia de enfermedades infecciosas que afectan la capacidad reproductiva: brucelosis, IBR, leptospirosis, etc.

La información obtenida permitirá determinar:

- Relación toro/vaca
- Distribución estimada de nacimientos calculada a partir de los nacimientos ocurridos cuatro meses antes de la visita y las gestaciones mayores de un mes.
- Estimación de la edad de las novillas a la primera concepción (con base en el diagnóstico de preñez y la edad del animal).
- Estimación de la tasa de reemplazo de las vacas, a partir de la distribución por edad.

Caracterización dinámica. La función reproductiva, por tratarse de una serie de eventos que se suceden en el tiempo y que generalmente no están sincronizados en las explotaciones de Doble

propósito y de Carne, requiere, para su adecuada valoración, una fase de seguimiento que podría ser desarrollada al menos en un período de un año. Además de la información que se obtiene en la caracterización estática es factible conocer eventos intermedios del proceso reproductivo y profundizar en el comportamiento estacional de la función; para ello, se recomienda:

- Efectuar cuatro evaluaciones genitales, una inicial y luego cada cuatro meses.
- Registrar los eventos reproductivos que se suceden (abortos, nacimientos, muertes, etc.).
- Producción de leche del hato. Puede hacerse diariamente con base en el tiquete de venta de la leche, o haciendo la conversión cuando se dispone de información indirecta (por ejemplo, la producción de queso). Se recomienda medir la producción individual, al menos una vez durante cada estación climática.
- Realizar pesajes o evaluaciones de condición corporal en las diferentes estaciones climáticas.

A partir de esta información pueden calcularse diferentes parámetros y se recomienda, como norma general, que en las publicaciones se incluyan las fórmulas utilizadas para cálculos tales como:

- Tasa de abortos (pérdida de concepciones detectadas por palpación).

- Tasa de natalidad, el que puede determinarse por conteo de los terneros nacidos durante el año mediante la fórmula

$$TN = \frac{\text{Terneros nacidos}}{\text{Vacas expuestas}} \times 100$$

no obstante, la información de sólo un año dificulta la interpretación, por el fenómeno de ciclicidad que frecuentemente presenta el parámetro. De mayor valor resulta calcular la tasa estimada de natalidad (TEN) al inicio y al final del periodo (un año de diferencia entre las evaluaciones). De esta manera se dispondría de dos informaciones consecutivas y el promedio de ellas disminuye el riesgo del efecto de la ciclicidad. La TEN representa la proporción de nacimientos ocurridos cuatro meses antes de la evaluación y los nacimientos que deben ocurrir ocho meses después, a partir del diagnóstico de gestación.

$$TEN = \frac{\text{Vacas lactantes } <4 \text{ m} + \text{Vacas gestantes } >1 \text{ m}}{\text{Total de vacas}} \times 100$$

- Tasa de mortalidad de terneros lactantes (TML), representa la proporción de terneros que mueren durante la lactancia en función de los terneros nacidos; se considera un periodo de lactación de ocho meses, por constituir la edad más frecuente de destete

$$TML = \frac{\text{Terneros muertos de } <8 \text{ meses}}{\text{Terneros nacidos}} \times 100$$

- Producción de carne al destete. Es función de la tasa de destete (TD) y el peso de los terneros, ajustado a ocho meses de edad (peso ajustado)

$$TD = TN - \frac{TN \times TML}{100}$$

Producción al destete = TD x peso ajustado

- Días abiertos, denominación adecuada para el intervalo parto - concepción. Es un parámetro de eficiencia individual y se recomienda prestar atención para el manejo de la información de las vacas cuyo ternero muere durante la lactancia (al inicio particularmente) dado que afecta su duración.
- Distribución de nacimientos.
- Comportamiento de peso y/o condición corporal en función del estado fisiológico y la estación.
- Relaciones causa-efecto entre el comportamiento reproductivo y otras características de los animales (tipo racial, nivel de producción de leche, estado nutricional, comportamiento de los terneros, etc.).

Experimentos y evaluación de sistemas mejorados. Para el desarrollo de proyectos de investigación en sistemas que involucran animales, se cuenta con dificultades propias de trabajar con productores y bajo condiciones de finca: tamaño de la muestra, falta de homogeneidad de las unidades experimentales y presencia

de variables no controladas. Esta situación requiere que los diseños deben ser tan simples como sea posible y evitar que tengan muchos niveles de respuesta. Se recomienda incluir sólo vacas multíparas para disminuir la variable asociada a las vacas de primer parto, seleccionar animales en un estado fisiológico similar (de gestación y lactancia) y permitir que el periodo de evaluación cubra en lo posible siquiera una lactancia completa de todos los animales. Es preferible utilizar parámetros de eficiencia individual (días abiertos) y no de eficiencia del hato (tasa de natalidad o destete).

Se identificaron algunos temas que podrían ayudar a orientar la investigación inmediata:

- El conocimiento sobre las interacciones entre estado nutricional, producción de leche y comportamiento reproductivo (a nivel de finca) debe profundizarse.
- La información actual sobre el efecto del manejo del amamantamiento del ternero sobre la actividad reproductiva parece ser contradictoria o que, al menos, depende de otros factores correlacionados; la experimentación correspondiente podría llevarse a cabo en centro experimental y/o en finca.
- Deben estudiarse los factores involucrados en la presentación de mastitis a nivel de finca, sea nivel de producción, potencial genético, manejo del ordeño y de los animales en general, etc.
- Es necesario evaluar sistemas de manejo de reemplazos con base en sistemas de alimentación (a nivel de finca).

- Se deben diseñar pruebas de comportamiento a nivel de campo, orientadas a la producción de reproductores.
- Se deben diseñar técnicas de laboratorio que sean fáciles, económicas y seguras, de manera que tengan aplicabilidad a nivel de campo.
- Los estudios de indicadores seroquímicos, que son de por sí costosos y dispendiosos, solo serán útiles si se puede mantener un adecuado control de las condiciones bajo las cuales ellos se determinan.

Camélidos sudamericanos

Caracterización estática. Dadas las características estacionales del comportamiento de estos animales, se consideró que la tasa de destete (TD) podría ser el único parámetro a ser tomado en cuenta en una caracterización estática

$$TD = \frac{\text{Crias destetadas}}{\text{Hembras expuestas el año anterior}} \times 100$$

Caracterización dinámica. El proceso dinámico permite una mayor profundidad en la evaluación del proceso reproductivo de los rebaños de camélidos sudamericanos. Los siguientes parámetros son fáciles de obtener con la ayuda del productor y son de gran utilidad para evaluar los diferentes procesos de la etapa reproductiva y el resultado terminal de la misma:

$$\text{Tasa de natalidad} = \frac{\text{Hembras paridas}}{\text{Hembras expuestas}} \times 100$$

$$\text{Tasa de concepción} = \frac{\text{Hembras preñadas}}{\text{Hembras expuestas}} \times 100$$

$$\text{Tasa de aborto} = 100 - \frac{\text{Hembras paridas}}{\text{hembras preñadas}} \times 100$$

El índice de sobrevivencia (IS), hace referencia a la proporción de animales que llegan vivos al destete, en relación al total de animales nacidos.

$$\text{IS} = \frac{\text{Crías destetadas}}{\text{Crías nacidas}} \times 100$$

Possibilidades de investigación

- Pruebas de selección para mejoramiento, tanto a nivel de finca como de centro experimental.
- Aumento y recuperación de poblaciones con base en transferencia de embriones. Podría realizarse inicialmente a nivel de centro experimental y posteriormente en finca.

- Estandarización de técnicas de procesamiento y congelación de semen.
- Evaluación por laparoscopia de la actividad ovárica y la habilidad reproductiva en los estadios tempranos del proceso reproductivo. Esta investigación debe realizarse principalmente en centros experimentales dado que requiere laparotomía y sacrificio de animales. Las observaciones deben ser complementadas mediante el seguimiento de los niveles de progesterona en la sangre.

$$\text{Tasa de ovulación (TO)} = \frac{\text{Hembras que ovulan}}{\text{Hembras expuestas}} \times 100$$

$$\text{Tasa de fertilización} = \frac{\text{Total de embriones}}{\text{Total de ovulaciones}} \times 100$$

$$\text{Índice de supervivencia embrionaria a 8 o 45 días post-concepción} = \frac{\text{Total de embriones}}{\text{Embriones a los 3 días}} \times 100$$

- Medición y evaluación del perímetro testicular de los reproductores en relación con fertilidad (en finca).
- Estandarización de técnicas para el uso de la electro-ayculación en estas especies (en centro experimental).

RUMIANTES MENORES, CUYES Y PORCINOS

Participaron en este grupo Arturo Trejo (Moderador), Consuelo Velasco (Secretario), Ernesto Reyes, Jorge Tórtora, Marco García y Pedro Sáenz.

Manuel E. Ruiz y Bernardo Rivera actuaron de conductores y facilitadores de las discusiones del grupo.

Para la evaluación del estado reproductivo de una población animal es necesario, como en cualquier proceso investigativo, considerar *a priori* los siguientes aspectos:

- **Objetivos**
- **Conocimiento básico de los sistemas de producción por evaluar**
- **Tamaño de la muestra**
- **Representatividad de la muestra dentro de una región**
- **Costos del estudio en cuanto a tiempo y recursos físicos y humanos**
- **Información necesaria y frecuencia de recolección**
- **Metodologías de evaluación y análisis requeridos**
- **Procesamiento de la información y frecuencia de las evaluaciones**

- **Análisis e interpretación de la información**
- **Divulgación de resultados**

Cualquiera que sea la fase de la investigación en sistemas que se está ejecutando, se requiere la preparación y levantamiento de encuestas (iniciales o periódicas) y para ello debe tenerse en cuenta:

a. **Preparación de los cuestionarios:** Claridad de las preguntas (deben ser concretas), extensión de la encuesta y demás factores que faciliten la recolección y análisis de la muestra.

b. **Selección del encuestador:** Nivel de educación, dominio del tema, conocimiento de la región, etc. Es importante prever un entrenamiento específico a los encuestadores a fin de mejorar la actitud de los mismos frente al productor y de homogenizar los criterios para la ejecución de la encuesta.

c. **Conformación del equipo técnico:** Es importante considerar en su selección la capacidad para interactuar en equipos multidisciplinarios y definir claramente la participación de cada uno de los miembros.

Caracterización estática

El equipo técnico determinará la información mínima que debe ser considerada para la encuesta, basado en el criterio del efecto potencial sobre el sistema de producción y el grado de interrelación entre los factores. En términos biológicos se recomienda especialmente considerar los siguientes elementos:

- **Información sobre el ecosistema:** Identificar los factores naturales que afectan al ecosistema (climáticos, pluviométricos, topográficos, geográficos y edáficos).
- **Poblaciones animales:** Identificar las poblaciones animales incluidas bajo estudio y estratificarlas por categorías de edad, sexo y estado fisiológico y determinar las relaciones de dependencia y/o complementariedad que existen entre ellas.
- **Fin y niveles de producción:** identificar el fin (o fines) primordial de la producción (leche, carne, pie de cría, fibra, lana, etc.) y cuantificarlos.
- **Recursos y potencial de producción:** Definir la capacidad del productor en función de la disponibilidad de sus recursos (forrajes, suplementos, etc.) y la posibilidad de expansión del sistema; preguntas como "¿Vale la pena producir más?", "¿Está el propietario en capacidad de producir más?", deben ser hechas.

En términos socioeconómicos es necesario intentar, aún en una encuesta estática, la cuantificación de los principales factores que determinan el nivel de ingresos de los productores:

- **Sistema de explotación:** Especificar la forma de tenencia (propiedad, arrendamiento, cooperativa, etc.), el uso de la tierra, la vinculación familiar y la especialidad de sus miembros, el grado de tecnificación, etc. La antigüedad del productor en la actividad que realiza, su condición de liderazgo, el acceso al crédito y la asistencia técnica, su opinión acerca de lo que ellos consideran es su principal limitante y lo que identifican como de

solución inmediata, son todos elementos que ayudan a entender la racionalidad del productor en la toma de decisiones.

- **Precios de insumos y productos:** Mantener un inventario actualizado del precio que el productor paga por los insumos utilizados y el valor final de su producto terminado. Si algunos de los insumos son producidos en la misma explotación, se debe determinar el costo de oportunidad de estos, lo mismo que el valor del autoconsumo. Cuando existan bonificaciones en función de calidad del producto final, estas deben determinarse (contenido de grasa, conteos bacteriales, etc.). Para la presentación y divulgación de la información económica, los precios establecidos deben ser sometidos a alguna forma de corrección monetaria; la expresión en dólares estadounidenses (USD) podría ser recomendable.
- **Fuente de ingresos:** Identificar la mayor fuente de ingresos del productor y los ingresos adicionales que se derivan por venta de productos secundarios o por venta de su mano de obra.
- **Aceptación y demanda del producto:** Determinar las características de los productos que son preferidas por los compradores y los condicionamientos socio-culturales de ellos.
- **Métodos de comercialización:** Determinar los canales de mercadeo, la presencia de intermediarios, la necesidad de procesos agroindustriales adicionales, distancia al punto de venta, transporte, etc.

Deben identificarse, a partir de fuentes secundarias, los factores externos, que afectan o determinan el sistema de producción y sobre los cuales el productor no ejerce ningún control,

tales como políticas gubernamentales, programas de fomento, asistencia técnica, crédito y subsidios.

Caracterización dinámica

El tipo de información a recolectar debe concentrarse básicamente en dos aspectos, las características productivas y de manejo de la explotación y la información reproductiva de los animales.

- **Características productivas y de manejo de la explotación**
 - Criterios de selección y descarte de hembras
 - Duración de la lactancia
 - Formas de destete (gradual o súbita)
 - Manejo de la parición (atención al parto, instalaciones)
 - Mortalidad de lactantes (perinatal, neonatal y hasta el destete)
 - Número y peso de crías al destete

- **Información reproductiva**
 - Época y método de apareamiento (inseminación artificial, monta natural, estacional, etc.)
 - Métodos de detección de calores
 - Edad, peso o tamaño al primer apareamiento
 - Evaluación de la repetición de calores
 - Interrupción de la gestación
 - Época de ocurrencia de los partos
 - Número y peso de crías por parto

- Problemas al parto
- Presentación del primer celo postparto
- Intervalo parto-concepción
- Datos sobre la madre: raza, edad y peso en diferentes estados fisiológicos (concepción, parto y destete)
- Datos sobre el macho: raza, edad, peso y tamaño testicular; en caprinos debe determinarse la presencia de cuernos y en cuyes la polidactilia.

La recolección de información económica debe ser un proceso sistemático, conservando el mismo orden para los diferentes rubros:

- Valor de los insumos (egresos), incluyendo mano de obra asalariada y familiar, tierra y capital
- Valor de los productos (ingresos), incluir los subproductos y el autoconsumo
- Frecuencia en la compra de insumos
- Frecuencia en la venta de productos y subproductos
- Variación estacional del precio del producto

En el caso de explotaciones comerciales se hace necesario el cálculo de parámetros de inversión de capital, amortización e intereses, entre otros.

• Interacciones

En este punto se busca evaluar conjuntamente los diferentes aspectos de la reproducción con respecto a la sanidad, la genética y la nutrición.

Reproducción-sanidad: Evaluar especialmente los eventos de abortos, baja fertilidad y mortalidad de crías.

Reproducción-genética: Correlacionar abortos, mortalidad, baja fertilidad y mortalidad de crías con el componente racial del animal.

Reproducción-nutrición: Correlacionar los eventos reproductivos con la cantidad y calidad de la oferta alimentaria.

Otros: Identificar los factores socio-culturales que condicionan el manejo reproductivo.

Parámetros a medir y calcular

Se debe hacer especial énfasis en que se tenga el mismo concepto para todos los términos y parámetros a calcular, con el fin de unificar criterios y poder hacer comparaciones. Se debe tener en cuenta una definición estandarizada de términos biológicos y económicos, el cálculo de parámetros con sus metodologías de estimación y la frecuencia requerida en la toma de la información.

• Términos biológicos

- Servicios/concepción.
- Edad y peso al primer apareamiento.
- Porcentaje de abortos (en cerdos es conveniente evaluar el número de hembras que retornan al celo en ciclos alargados).
- Tamaño de la camada al nacimiento.

- Porcentaje de distocias.
 - Porcentaje de mortalidad en lechones: nacimiento-1a. semana, 2a. semana-destete.
 - Tamaño y peso de la camada al destete.
 - Presentación del primer celo postparto.
 - Intervalo destete-concepción.
- **Términos económicos**
 - Ingresos brutos/actividad.
 - Márgenes brutos/unidad de producción.
 - Márgenes brutos/recurso de producción mas limitante.
 - Costos de forraje o suplementación/actividad.
 - Costos de mantenimiento por unidad de producción (costos variables más una proporción de costos fijos/número de animales).
 - Ingresos totales.
 - Ingreso neto.
 - Rentabilidad expresada por estado de pérdidas y ganancias.

Tener en cuenta las transferencias internas entre actividades y la variación de inventarios y categorías de animales en el periodo evaluado.

- **Definición de metodologías de estimación y utilidad y limitantes de los parámetros**

Remitirse al documento según la especie que se desee evaluar.

- **Frecuencia en la toma de información**

La periodicidad con que debe ser recolectada la información depende de varios aspectos, entre ellos,

- La calidad de la información requerida: Relacionada directamente con los objetivos de la investigación; de requerirse una alta calidad, es necesario crear los mecanismos para supervisar la toma de información.
- Los costos: El presupuesto del estudio determinará la cantidad de personas involucradas, las herramientas para facilitar la toma de información y la frecuencia de visitas a las explotaciones.
- El compromiso de los productores: Es necesario que los productores sean partícipes de la investigación, conociendo los objetivos que se persiguen y enfatizando los beneficios particulares que pueden derivarse de ella. Si el productor es consciente de la utilidad del estudio suministrará información confiable, disminuyendo la frecuencia y supervisión.
- La intensidad del sistema de producción: Relacionado con la frecuencia de los eventos y la duración del ciclo de producción (tiempo incurrido desde que comienza el ciclo de producción, hasta tener el producto final listo para el mercado).

Estudios específicos en reproducción

Se entiende por estudio específico, la generación de información en el componente en que se han detectado limitantes, que ameritan investigarse con mayor detalle o amplitud, particularmente en la evaluación de relaciones causa-efecto. A continuación se enumeran algunos elementos que justifican la realización de estudios específicos:

1. Cuando el valor de un (los) parámetro(s) se desvíe(n) de los niveles críticos señalados.
2. Si la evaluación integral del sistema de producción evidencia la existencia de factores que afectan la sostenibilidad del mismo.
3. La existencia de situaciones que en forma particular inquieten o preocupen al productor.

Los estudios específicos en reproducción deben realizarse en *estaciones experimentales* cuando involucren:

- Infecciones inducidas experimentalmente
- Intervenciones quirúrgicas
- Condiciones controladas que afecten el comportamiento reproductivo
- El sacrificio de animales

Se recomienda la realización de estudios en *finca*, cuando involucren:

- Variaciones de manejo

- Comportamiento de tecnologías en el sistema (validación)
- Evaluaciones por parte del productor

Existen serias inquietudes con respecto al período pre-experimental, particularmente en los relacionado al diseño experimental. Para ello, se recomienda la planificación de un taller sobre métodos estadísticos de muestreo y análisis.

A continuación se listan algunas propuestas para desarrollar la investigación futura:

- **Caprinos y ovinos**

- El efecto lumínico sobre el anestro.
- La magnitud y causas de las pérdidas embrionarias.
- La magnitud y causas de las pérdidas fetales.
- La supervivencia en el período nacimiento-destete.
- La determinación de factores que modifican el intervalo entre partos.

- **Cuyes**

- Efecto del "flushing" sobre ovulación e implantación.
- Función endocrina testicular; respuesta a la HCG.
- Relación hembra/macho.

- **Porcinos**

Se considera que a nivel comercial no se justifican acciones de investigación, salvo factores ambientales del trópico sobre la

reproducción. A nivel de sistemas de pequeños y medianos productores, se recomienda:

- Estudios comparativos de sistemas de alimentación sobre la eficiencia reproductiva.
- La evaluación del comportamiento reproductivo de razas mejoradas, criollas y sus cruces y su interacción con manejo.

Cuando se quiere medir el impacto de las recomendaciones propuestas por el estudio, se recomienda el diseño y/o utilización de un sistema de información financiero que registre los eventos económicos (ingresos y egresos, básicamente) y que permita posteriormente la evaluación económica, mediante la utilización de parámetros financieros simples de calcular e interpretar.

PUBLICACIONES DE RISPAL

Cartas de RISPAL, Nos. 1 al 34: Secretaría Ejecutiva

Boletines Bibliográficos ISAPLAC de Sistemas de Producción Animal, Vol. 1, Nos. 1-3; Vol. 2, No. 1-3, Vol. 4, No. 3: Secretaría Ejecutiva.

- **Informe del II Taller de Trabajo sobre Sistemas de Producción Tropical: H. Li Pun y H. Zandstra (eds.)**
- **Report of the II Workshop on Tropical Animal Production systems: H. Li Pun y H. Zandstra (eds.)**
- **Informe de la III Reunión de Trabajo sobre Sistemas de Producción Animal Tropical: M.E. Ruiz y H.H. Li Pun (eds.)**
- **Report of the III Workshop Meeting on Tropical Animal Production Systems: M.E. Ruiz y H. H. Li Pun (eds.)**
- **Informe de la IV Reunión de Trabajo sobre Sistemas de Producción Animal: B. Quijandria, H.H. Li Pun y R. Borel (eds.)**
- **Informe de la V Reunión de Trabajo sobre Sistemas de Producción Animal: H.H. Li Pun y V.M. Mares (eds.)**
- **Informe de la VI Reunión de Trabajo sobre Sistemas de Producción Animal: H.H. Li Pun y N. Gutiérrez (eds.)**

(continuación...)

Informe de la VII Reunión Anual de RISPAL: M.E. Ruiz y A. Vargas (eds.)

Informe de la VIII Reunión General de RISPAL: M.E. Ruiz y A. Vargas (eds.)

Informe de la IX Reunión General de RISPAL: M.E. Ruiz y A. Ruiz (eds.)

--- Ciencias Sociales y Enfoque de Sistemas Agropecuarios: E. Nolte y M.E. Ruiz (eds.)

--- El Sondeo: Actualización de su Metodología para Caracterizar Sistemas Agropecuarios de Producción: S. Ruano.

--- Nutrición de Rumiantes: Guía Metodológica de Investigación: M.E. Ruiz y A. Ruiz (eds.)

-- Memorias de la Conferencia Internacional sobre Sistemas y Estrategias de Mejoramiento Bovino en el Trópico: A. Tewolde, D. Salgado y F. Mujica (eds.)

--- Ruminant Nutrition Research: A Methodological Guideline: M.E. Ruiz y S.E. Ruiz (eds.).

--- Aspectos Metodológicos del Análisis Social en el Enfoque de Sistemas de Producción: B. Quijandría y M.E. Ruiz (eds.)

--- Simulación de Sistemas Pecuarios. M.E. Ruiz (ed.).

(continuación...)

↔ Social Sciences and Agricultural Research: A Systems Approach: M. E. Ruiz (ed.)

↔ Animal Production Systems Research: Methodological and Analytical Guidelines: M. E. Ruiz (Comp.)

↔ Social Analysis in Farming Systems Research: S.E. Ruiz and M. E. Ruiz (eds.)

Animal Production Systems: Global Workshop: M.E. Ruiz, C.Sere and H. Li Pun (eds.)

* Publicaciones hechas por el CIID, Ottawa, Canadá antes de la creación formal de RISPAL.

** En conjunto con el CATIE, Costa Rica, y la Universidad de San Carlos, Guatemala.

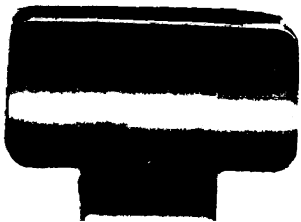
*** El costo del ejemplar es de USD20.00, incluido empaque y envío por correo aéreo. Favor contactar al Dr. Manuel E. Ruiz, Apartado 1418-2050, Costa Rica, o por fax (506)2809119.

**** Agotado.

**Esta edición se terminó de imprimir
en la Imprenta del IICA
en Coronado, San José, Costa Rica,
en el mes de diciembre de 1998,
con un tiraje de 800 ejemplares.**

FECHA DE DEVOLUCION

IICA
PRRET-A1/SC-98-01
Autor
Título Reproducción animal: métodos de estudio en sistemas
Fecha Devolución
Nombre del solicitante



El **Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID)** es una corporación pública creada en 1970 por el Parlamento de Canadá, para apoyar a investigadores y comunidades de los países en vías de desarrollo en la búsqueda de soluciones a sus problemas sociales, económicos y ambientales. El CIID es un agente de vinculación de personas, instituciones e ideas, lo que permite que los resultados de la investigación que apoya y el conocimiento que la investigación genera sean compartidos equitativamente entre todos sus socios, tanto en el hemisferio norte como en el sur.

El **Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)**, creado en 1942, es el organismo especializado en agricultura del Sistema Interamericano. Tiene como misión estimular, facilitar y apoyar la cooperación entre sus 34 Estados Miembros y las organizaciones de la sociedad civil, para impulsar el desarrollo sostenible de la agricultura y el medio rural. El máximo órgano de gobierno del Instituto es la Junta Interamericana de Agricultura (JIA), conformada por los ministros de agricultura de sus Estados Miembros. Cuenta también con un Comité Ejecutivo, que anualmente traduce las directrices de la JIA en recomendaciones de acciones. El órgano ejecutivo del IICA es la Dirección General, que conduce la realización de dichas acciones.

La **Red de Investigación en Sistemas Sostenibles Pecuarios de América Latina (RISPAL)** se estableció en 1986 para promover el intercambio de tecnología y el desarrollo de metodologías de investigación en sistemas pecuarios para sus proyectos e instituciones afiliadas. La Red, que opera bajo un acuerdo entre el CIID y el IICA, ha sido pionera en la aplicación del enfoque de sistemas en la investigación pecuaria, logrando la colaboración entre científicos biológicos y sociales, economistas y especialistas en desarrollo rural; su actitud innovadora ha implicado cambios en su ámbito temático y operativo. En la actualidad, RISPAL capitaliza sobre sus logros, mantiene su apoyo al desarrollo de metodologías de investigación, incursiona en el análisis de políticas y ayuda a establecer vínculos entre actores públicos y privados, con miras a impulsar, en el sector agropecuario, la competitividad en el mercado, la responsabilidad ambiental y la sensibilidad social.

