

Índice

Página

Artículos de difusión científico-técnica

Efecto de dos diluyentes sobre la viabilidad del semen congelado de ovinos de pelo 4

J.E. Ek Mex , J.R. Aké López y C.A. Silva Mena

Artículos de revisión

Algunas consideraciones para el mejoramiento de los sistemas de producción de ganado de doble propósito 13

J. G. Magaña Monforte y C. Silva Mena

Determinación del estado de salud o enfermedad en los animales 23

R.I. Rodríguez-Vivas, M.E. Bolio-González, R. Montes de Oca-Jiménez, J. Martínez-Burnes, G. López-Valencia, A. Peniche-Cardena, M. Canales-Rubio, C. Baldwin-Sevilla y J. Hernández-de Anda

Dirofilaria immitis en perros 34

M. E. Bolio González, R. I. Rodríguez Vivas, C. H. Sauri Arceo, E. Gutiérrez Blanco, E. G. Rosado León, R. E. López Ancona, P. P. Martínez Vega, E. Pasos Enriquez y P. Manrique Saide

Ensayos

Ética profesional y Medicina Veterinaria y Zootecnia 40

M.A. Torres León

Bioagrocencias

Revista de difusión del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán



Ética y Medicina Veterinaria: Alcance y perspectivas

Vol. 2 No. 1 enero - junio de 2009

ISSN - En trámite

Revista de difusión científica y técnica
del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
de la Universidad Autónoma de Yucatán



Comité editorial

Coordinación:

Carlos Silva Mena

Alfonso Aguilar Perera

Luis López Burgos

Silvia Hernández Betancourt

Juan Magaña Monforte

Virginia Meléndez Ramírez

Javier Quezada Euán

Luis Ramírez y Avilés

Carmen Salazar Gómez Varela

Directorio

Mphil. Alfredo Dájer Abimerhi
Rector

Dr. José De Jesús Williams
Director

Dr. Jorge Santos Flores
Secretario Académico

M. en C. José Enrique Abreu Sierra
Secretario Administrativo

Dr. Hugo Delfín González
**Jefe de la Unidad de Posgrado
e Investigación**

Foto de portada: Juan Magaña Monforte, Vacas F1 en un campo de uaxim (*Leucoena leucocephala*)

Diseño de publicación y portada:
Francia González Escarela.

Impreso en el Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - UADY

Bioagrocencias es una publicación semestral, de distribución gratuita y sin fines de lucro. Se permite la reproducción total o parcial citando las fuentes completas.

– En este número –

Bioagrocencias sale a la circulación por segunda ocasión, otra vez con cinco trabajos. En este número 1 del segundo volumen de la revista se publica un artículo de difusión científico técnica, tres de revisión y un ensayo; siguen sin estrenarse las secciones de reportes de caso y carta al editor, pero esperamos que no por mucho tiempo.

La sección de difusión científico técnica de este número sirve por primera vez de foro para la publicación de un resumen de tesis de licenciatura en medicina veterinaria y zootecnia; seguramente le seguirán otros de las demás licenciaturas del Campus y de los posgrados. Este artículo aborda la problemática de la congelación de semen ovino, tema de actualidad y de particular importancia en el ámbito regional, donde todavía no es una técnica con amplia difusión. En el trabajo se comparan los resultados de congelar y descongelar el semen con dos diluyentes comerciales que difieren ligeramente en su composición y procedimiento de preparación. El estudio muestra únicamente pequeñas diferencias sin significación estadística entre los dos diluyentes, y sugiere que con ambos se puede congelar satisfactoriamente el semen ovino.

Entre los artículos de revisión aparece primeramente uno sobre los aspectos más importantes a

tomar en cuenta para emprender racional y organizadamente el mejoramiento de la ganadería de doble propósito. Se exponen las razones por las que se considera que este tipo de ganadería tiene el potencial para aprovechar con ventajas las características de las zonas tropicales, se explica qué dificultades existen para mejorar los niveles de producción de estos sistemas y se hacen las recomendaciones que se consideran pertinentes para atenuarlas o remontarlas. El segundo artículo se refiere a los rasgos fundamentales que caracterizan el estado de salud o de enfermedad en los animales, pero incluye la tipificación de los factores que de una u otra forma intervienen en la aparición de una enfermedad y explica las formas de hacer el diagnóstico. Termina con los procedimientos para el control, prevención y erradicación de enfermedades, siempre enfocado en los fundamentos de cada procedimiento y de cada concepto. El tercer y último trabajo de esta sección trata de una parasitosis que afecta a la especie canina, la filariosis, que según la información del artículo es de frecuencia considerable en la zona. Los autores explican cómo ocurre el ciclo biológico del parásito, cómo afecta al organismo, qué factores intervienen en la presentación del problema y cuáles son los tratamientos actualmente disponibles

Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
de la Universidad Autónoma de Yucatán

Km. 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, Apdo Postal 4-116 Itzimmá,
Mérida, Yucatán, México.
Tel. (999) 9423200 Fax (999) 9423205.

para combatirlo.

Finalmente, el ensayo de este número aborda un tema de suma importancia, no sólo para los médicos veterinarios zootecnistas sino para cualquier persona: el de la ética. El autor asienta primero la importancia de la ética, explica cómo en los últimos años las instituciones de educación superior y las organizaciones de profesionales de la medicina veterinaria y zootecnia se han planteado darle mayor cabida, pasa revista a una serie de cuestiones de mucha trascendencia para la profesión veterinaria, aboga por una evaluación de lo que se ha avanzado al respecto hasta el momento y termina insistiendo acertadamente en la necesidad de darle mayor impulso a la ética en la formación del médico veterinario zootecnista.

J.E. Ek Mex, J.R. Aké López y C.A. Silva Mena
Departamento de Reproducción y Mejoramiento Genético, FMVZ
Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - UADY.

Resumen

Con el fin de evaluar el efecto de dos diluyentes comerciales sobre la viabilidad (motilidad espermática, integridad del acrosoma y morfología espermática) del semen de carnero después de la congelación, se procesaron 64 eyaculados de dos animales. El semen se recolectó con vagina artificial y se evaluó con la metodología usual; las muestras fueron procesadas con los diluyentes Triladyl® (n=32) o One-Step® (n=32). El enfriamiento de 37° C a 5° C se efectuó en 2 horas y el semen se envasó en pajillas de 0.25ml con 100x106 espermatozoides/dosis; las pajillas se expusieron horizontalmente a los vapores de nitrógeno líquido por 7 minutos antes de ser sumergidas en el nitrógeno, donde fueron almacenadas. La descongelación se hizo 72 horas después en agua a 37° C por 30 segundos. Se consideró que la conservación en congelación fue exitosa cuando la motilidad espermática a la descongelación fue igual o superior al 40%. Los resultados mostraron que ambos diluyentes permiten obtener porcentajes satisfactorios de dosis aptas para la conservación en congelación, con una ligera y no significativa diferencia (P>0.05) a favor del Triladyl (71.9% Triladyl vs 65.7% One-Step). La motilidad de las muestras aptas fue similar entre los diluyentes y considerablemente mayor que el mínimo aceptable para una dosis de semen congelado (60.1% vs 59.5% con el Triladyl y el One-Step, respectivamente (P>0.05). El porcentaje de acrosomas intactos en las muestras aptas fue también similar para ambos diluyen-

tes: Triladyl 48.9% y One-Step con 46.1% (P>0.05) la morfología espermática también fue similar entre diluyentes (87.71% Triladyl vs 86.21% One-Step). Se concluyó que la viabilidad del semen de carnero procesado y congelado con los dos diluyentes estudiados es satisfactoria y sin diferencia significativa entre ambos.

Introducción

La inseminación artificial (I.A) permite la utilización extensa de machos de alto valor genético (Romo, 1999). Con la congelación del semen de ovino se puede conservar genes para su futuro uso y asegurar la disponibilidad de un semental en particular. También se facilita el transporte de semen tanto nacional como internacionalmente, de modo que se puede disponer del semen de carneros genéticamente valiosos aunque éstos estén a miles de kilómetros del productor (Evans y Maxwell, 1990). También permite un mejor control sanitario y el abastecimiento de semen en épocas de demanda elevada, o contar con semen de buena calidad en una época en la que la calidad del semen de carnero disminuye por factores ambientales, lo que ayuda a evitar los problemas por variaciones estacionales de la capacidad reproductiva, o bien permite contar con semen procedente de ovinos genéticamente valiosos que ya han fallecido. Todo esto es particularmente importante en las regiones tropicales (Angulo *et al.*, 1999), donde con frecuencia es difícil encontrar y mantener sementales de alto valor genético. Además, el clima caluroso de la región provoca estrés

térmico en el carnero, lo cual afecta la calidad del semen y su impulso sexual, lo que puede resultar en una disminución de su fertilidad (Oliva *et al.*, 2003). Sin embargo, los espermatozoides de carnero son más susceptibles que los del bovino al daño ocasionado por los procedimientos de congelación y descongelación, y la población espermática sobreviviente se caracteriza por una pérdida de viabilidad y un disminuido número de células móviles (Watson, 2000).

Diversos trabajos se han realizado y se continúan realizando con el propósito de mejorar la conservación de la capacidad fertilizante de semen ovino. La búsqueda de diluyentes que ofrezcan la posibilidad de mejorar la capacidad de preservación y de fecundación del semen congelado de ovino es uno de los principales temas de investigación, los cuales están encaminados a mejorar las tasas de viabilidad (mayor motilidad y menor porcentaje de acrosomas afectados) del semen descongelado, con la finalidad obtener mejores tasas de fertilidad al inseminar y por lo tanto un uso más eficiente de la I.A. La mayoría de los estudios sobre la congelación del semen de carnero se han realizado en climas templados y con carneros de lana, y son escasos los trabajos hechos en ovinos de pelo y bajo condiciones de trópico, las cuales, en general, ejercen un efecto negativo sobre la calidad del semen (Oliva *et al.*, 2003). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos diluyentes comerciales sobre la viabilidad del semen de carnero después de la congelación.

Materiales y métodos

El presente trabajo se llevó a cabo de junio a septiembre de 2007 en las

instalaciones del área de reproducción animal del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán, ubicado en el kilómetro 15.5 de la carretera Mérida-Xmatkuil. El clima de la región es cálido subhúmedo, con lluvias en verano (Aw0). La temperatura promedio anual es de 26.2 °C y la humedad relativa promedio anual es de 72%; con una precipitación pluvial anual que oscila entre 470 y 930 ml (Gobierno del Estado de Yucatán, 1983).

Se usó el semen de dos carneros, uno de raza Dorper y uno Katahdin, los cuales tenían entre 2 y 3 años de edad y estaban clínicamente sanos; ambos habían sido utilizados con anterioridad como sementales en programas de reproducción. Los animales permanecieron confinados en corrales y se alimentaron con pasto Estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*), a razón de 6 Kg./animal/día, mas 1 Kg. /día de concentrado con 16% de proteína cruda. El semen se recolectaba por la mañana con vagina artificial; se tomaron dos eyaculados por animal al día con periodos de descanso de dos días. Se obtuvieron 32 muestras aptas para el procesamiento por semental, o un total de 64 eyaculados. Una vez obtenida, la muestra de semen se mantuvo en un baño María (37° C) durante su evaluación, la cual se efectuó de la manera siguiente (Evans y Maxwell, 1990; Ax *et al.*, 2002): El volumen se determinó directamente del tubo recolector graduado. La motilidad masiva se evaluó por la observación al microscopio (100X) de una gota de semen puro. La motilidad se calificó en una escala de 0 a 5 (Evans y Maxwell, 1990) de acuerdo con la intensidad y velocidad de los remolinos que se formaban. Para

evaluar la motilidad individual se diluyó una gota de semen con una gota de solución de citrato de sodio al 3%, se cubrió la preparación con un cubreobjetos y se observó al microscopio (400X) sobre una plancha térmica a 37° C. Se estimó el porcentaje de espermatozoides que mostraban movimiento rectilíneo progresivo y se calificó la proporción de 0 a 100%. La concentración espermática se determinó por el conteo de espermatozoides en una cámara de Neubauer y el resultado se expresó en millones de espermatozoides por mililitro de semen. La morfología se evaluó mediante la dilución del semen en solución salina fisiológica con 1% de formaldehído y el conteo de 100 espermatozoides utilizando un microscopio de contraste de fases (1000x).

La integridad del acrosoma se evaluó a partir de la misma muestra que se utilizó para la valoración de las anomalías morfológicas. Los espermatozoides que presentaban el borde apical normal se consideraron como células con acrosoma intacto y el resultado se expresó como porcentaje de acrosomas normales; para esta prueba se contaron 100 espermatozoides. Se consideraron bordes apicales normales los que presentaban una forma semilunar oscura, nítida y perfectamente bien definida (Centurión *et al.*, 2006). Se consideró que una muestra de semen era adecuada para el procesamiento cuando cumplía con los siguientes criterios: volumen de al menos 0.5 ml, concentración espermática igual o superior a 2×10^9 espermatozoides por ml, motilidad espermática mínima de 70% y al menos 80% de espermatozoides morfológicamente normales.

Procesamiento del semen

El semen se procesó con uno u otro de dos diluyentes comerciales: el Triladyl (Minitüb, Germany) y el One-Step (Continental, France). Ambos contienen en su fórmula el Tris (tris (hidroximetil) aminometano) como buffer, azúcares, antibióticos y, como crioprotector, glicerol. Estos dos diluyentes son igualmente accesibles en cuanto a disponibilidad y precio, aunque el Triladyl resulta un poco más práctico ya que tiene todos los ingredientes integrados, mientras que el One-Step viene con el antibiótico aparte. La preparación del Triladyl se hizo con 20% de éste, 20% de yema de huevo y 60% de agua tridestilada; para el One-Step se usó 15% del mismo, 20% de yema de huevo y 65% de agua tridestilada. En ambos casos primero se mezcló la yema de huevo con el agua tridestilada, hasta que tuviera un aspecto homogéneo, y posteriormente se agregó el diluyente comercial y se mezclaron hasta homogeneizar de nuevo. Las dos recolecciones del día de cada animal se procesaron de manera alternada con los dos diluyentes, de tal forma que en un día de recolección las primeras muestras se diluyeron con One-Step y las segundas muestras con Triladyl; este orden se invertía para el siguiente día de recolección, y así sucesivamente, a fin de evitar un posible efecto del orden de los eyaculados de cada día (1° ó 2°). En total, 32 eyaculados se diluyeron con Triladyl y 32 con One-Step. Primeramente se prediluyeron las muestras de semen. Esta predilución consistió en añadir al semen un volumen igual (dilución 1:1 en volumen) del diluyente correspondiente y mantenerlo en baño María mientras se determinaba el volumen total de diluyente necesario para la elaboración

del número de dosis que produciría cada eyaculado. Las dosis fueron de 0.25 ml con 100×10^6 espermatozoides cada una. El resto del diluyente necesario se añadió tan pronto se calculó el volumen total necesario de diluyente y mientras la muestra prediluida se encontraba todavía en el baño María. El semen diluido se trasladó del baño María (37° C) a un recipiente con agua a temperatura ambiente (25-28° C) y se colocó dentro de un refrigerador. El enfriamiento de las muestras de 37° C a 5° C se realizó en un lapso de 2 horas (Evans y Maxwell, 1990); a continuación se envasó el semen en pajillas de 0.25 ml, lo cual se hizo en un cuarto frío a 5° C. Después las pajillas se expusieron a los vapores de nitrógeno líquido, suspendidas horizontalmente sobre una rampa a 5 cm sobre la superficie del nitrógeno, por 7 minutos. Luego se sumergieron dentro del nitrógeno líquido (-196° C), se embalaron y se guardaron en un termo de nitrógeno líquido hasta su evaluación. La descongelación se efectuó a 37° C durante 30 segundos (D'Alessandro *et al.*, 2001).

Evaluación de las muestras descongeladas

La evaluación de la motilidad espermática, de la morfología y de los acrosomas intactos de los espermatozoides se realizó 72 horas después de la congelación. Para cada lote de congelación se evaluaron tres pajillas y se tomó como indicador el valor promedio. Se estableció que cuando la sobrevivencia espermática a la descongelación fuera igual o superior al 40% las pajillas se considerarían como aptas para la conservación-inseminación (Evans y Maxwell, 1990).

Análisis estadístico

Las variables medidas fueron: 1. El porcentaje de muestras consideradas aptas para la conservación-inseminación, de acuerdo con el criterio enunciado; 2. Los porcentajes de motilidad espermática de las muestras a la descongelación; 3. El porcentaje de acrosomas intactos en fresco y después de la descongelación, y 4. El porcentaje de espermatozoides normales después de la descongelación. Los resultados se compararon entre los dos diluyentes con la prueba de Chi cuadrada (Steel y Torrie, 1985).

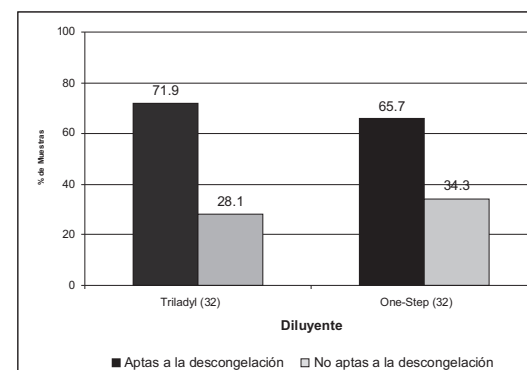


Figura 1. Porcentajes de muestras de semen de carnero consideradas aptas o no aptas para la conservación con dos diluyentes comerciales. Los valores entre paréntesis indican el número de muestras en cada caso.

Resultados

De los 64 eyaculados que se diluyeron y congelaron, resultaron aptos para la conservación-inseminación un total de 44 (68.75 %). En la Figura 1 se presentan los porcentajes de muestras aptas con cada uno de los diluyentes; se puede notar que el semen procesado con Triladyl tuvo un porcentaje ligeramente mayor (+ 6.2 %) de muestras aptas a la descongelación que el One-Step, aunque esta diferencia no fue significativa ($P>0.05$).

En la Tabla 1 se presentan los porcentajes de motilidad individual y de acrosomas intactos de las muestras frescas y descongeladas. Se puede ver que el semen fresco que se usó con ambos diluyentes tenía prácticamente la misma motilidad y que la reducción de ésta con ambos diluyentes fue también muy parecida: 28 a 29 puntos porcentuales de reducción en las dosis aptas y de 71 a 69 puntos porcentuales de reducción en las dosis no aptas. La motilidad de las muestras consideradas aptas no difiere entre los dos diluyentes. Sin embargo, la reducción de la motilidad entre el semen fresco y el descongelado fue estadísticamente

significativa ($P<0.05$) con los dos diluyentes. En cuanto al porcentaje de acrosomas intactos (estudiado en 29 de las 32 muestras/seminal, por cuestiones técnicas), se puede notar que el proceso de congelación y descongelación con ambos diluyentes causó una reducción de cerca de la mitad de este porcentaje. La diferencia entre ambos diluyentes no fue significativa ($P>0.05$), aunque sí lo fue la diferencia entre el semen fresco y el descongelado con ambos diluyentes ($P<0.05$).

Con respecto al porcentaje de espermatozoides normales de las muestras después del proceso de congelación-descongelación con ambos diluyentes, no se observaron cambios importantes respecto de la motilidad del semen fresco. Los valores del porcentaje de espermatozoides normales en el semen fresco y en el descongelado fueron de 87.43 ± 5.83 y 87.71 ± 4.61 , respectivamente, con el Triladyl, y de 90.06 ± 5.14 y 86.21 ± 5.81 , respectivamente, con el One Step, sin diferencias significativas ($P>0.05$). El ligero aumento de las anomalías con el One-Step afectó principalmente a la cola de los espermatozoides.

Diluyente	Motilidad Espermática		
	En fresco	Muestras Aptas	Muestras No Aptas
Triladyl	88.75 ^a (n = 32)	60.12 ^b (n = 23)	17.35 (n = 9)
One Step	89.06 ^a (n = 32)	59.54 ^b (n = 21)	19.55 (n = 11)
Diluyente	Acrosomas Intactos		
	En fresco	Muestras Aptas	Muestras No Aptas
Triladyl	93.03 ^a (n = 29)	48.90 ^b (n = 29)	45.38 (n = 29)
One Step	93.52 ^a (n = 29)	46.11 ^b (n = 29)	43.0 (n = 29)

^{a,b} Literales diferentes entre columnas indican diferencia significativa ($P>0.05$).

Tabla 1.- Porcentajes de motilidad espermática y de acrosomas intactos de semen de carnero en estado fresco y de las muestras consideradas aptas y no aptas para la conservación en congelación con dos diluyentes comerciales. Los valores entre paréntesis indican el número de muestras en cada caso.

Discusión

Los porcentajes de muestras que se conservaron bien en congelación con ambos diluyentes se pueden considerar buenos ya que fueron de más de las dos terceras partes de las muestras. La semejanza de estos porcentajes entre los dos diluyentes se debe probablemente a la formulación bastante similar de ambos, y sugiere que los dos tienen una proporción adecuada de nutrientes, buffers y crioprotectores, de vital importancia durante el proceso de congelación y descongelación (Evans y Maxwell, 1990; Daza, 1997; Salamon y Maxwell, 2000; Hafez, 2002). Sin embargo, la pequeña diferencia observada a favor del Triladyl en este estudio, aunque no fue estadísticamente significativa, podría indicar la posibilidad de producir un mayor número de dosis de semen congelado con este diluyente. Un resultado similar fue obtenido en la especie canina por Martínez (2001), quien obtuvo un mayor número de muestras de semen aptas a la descongelación con Triladyl en comparación con otro diluyente comercial, el Seager.

En ambos diluyentes ocurrió una reducción similar del porcentaje de motilidad espermática a la descongelación en comparación con la inicial (semen fresco). Esta disminución y deterioro de la motilidad de los espermatozoides después del proceso de congelación y descongelación se considera normal debido a los cambios por los que tiene que atravesar el espermatozoide durante el enfriamiento, la congelación y la descongelación (Palacios *et al.*, 1992; Maxwell y Watson, 1996; Aké-López y Sánchez-Encalada, 1997; Gillan *et al.*, 2004). El proceso de congelación-descongelación

del semen causa alteraciones bioquímicas y funcionales a los espermatozoides, lo que resulta en una reducción de la motilidad y la viabilidad. Durante los cambios de estado en el proceso el espermatozoide se debe enfrentar al choque térmico, aumento de la concentración de sales, formación de cristales de hielo en el interior o exterior del espermatozoide, cambios en el pH, y la posibilidad de desnaturalización de proteínas y ruptura mecánica de elementos estructurales (Salamon y Maxwell, 2000; Watson, 2000; Palacios, 1994).

Watson (1995) indica que durante la congelación-descongelación se pierde generalmente entre el 40 y el 50% de la motilidad inicial de los espermatozoides. En el presente trabajo las muestras aptas a la descongelación con ambos diluyentes presentaron una disminución de menos del 40% en relación con la motilidad inicial, lo cual se puede considerar muy bueno. Este resultado es mejor que el observado, siempre en semen ovino, por De Luna *et al.* (1997), quienes reportaron pérdidas de motilidad postcongelación de 42.26%, 50.50%, 55.59% y 60.45% con diluyentes a base de una combinación de leche y yema deshidratada, citrato-yema, leche, y solución buffer de sales minerales, respectivamente. Por el contrario, las muestras no aptas a la descongelación mostraron una reducción del 80% de la motilidad inicial. La motilidad espermática de las muestras aptas a la descongelación en ambos diluyentes en el presente estudio se encuentra dentro del rango de motilidad que se logra a la descongelación reportado por Salamon y Maxwell (2000), que es de entre 40 y 60%. La motilidad a la descongelación con ambos diluyentes en nuestro trabajo es

muy semejante a la reportada por Söderquist *et al.* (1997) con un diluyente a base de leche descremada, con 12% de yema huevo y 7% de glicerol, que fue de 63.1 ± 1.1 . Aisen *et al.* (2000) encontraron un $70.5 \pm 1.6\%$ de motilidad a la descongelación al usar un diluyente a base de Tris-acido citrico-fructosa-Trealosa- EDTA, con 10% yema de huevo y 6% glicerol. Estos resultados podrían ser explicados por diferencias entre los diluyentes, las líneas de animales y las condiciones y características de las técnicas usadas en el procesamiento del semen.

En lo relativo al porcentaje de acrosomas normales (intactos) a la descongelación, los resultados de este trabajo indican que la capacidad de protección del acrosoma de ambos diluyentes fue muy similar, con sólo una ligera ventaja del Triladyl, sin significación estadística. En el caso de esta característica la reducción en relación con el porcentaje inicial fue mayor que la observada para la motilidad, y cercana al 50 % con ambos diluyentes. Esto implica que una proporción de los espermatozoides móviles tenía alteraciones del acrosoma. La reducción del porcentaje de acrosomas intactos a la descongelación se considera normal debido a los procesos de enfriamiento, congelación y descongelación, que además de afectar a la motilidad dañan los acrosomas de las células espermáticas (Evans y Maxwell, 1990; Palacios *et al.* 1992; Bag *et al.* 2002). El daño del acrosoma se debe a que se provoca una reacción acrosomal prematura, con liberación de acrosina y ruptura de las membranas acrosomales interna y externa (Palacios *et al.* 1992). Por otra parte, Salamon y Maxwell (2000), señalan que un espermatozoide puede ser móvil pero estar dañado, ya que la membrana

plasmática y la membrana del acrosoma son más sensibles que el aparato locomotor de la célula espermática. Sin embargo la situación inversa también puede ocurrir, por ejemplo, Akourki *et al.* (2004) reportan un porcentaje de acrosomas intactos de $44.34 \pm 1.32\%$ a la descongelación (similar a los del presente trabajo), pese a que la motilidad a la descongelación se encontraba en 31.47%. Esto sugiere que la alteración o anormalidad del acrosoma es hasta cierto punto independiente de la condición general del espermatozoide y particularmente de su capacidad de movimiento. La capacidad de un diluyente para proteger el acrosoma parece poder incrementarse mediante la adición de ciertos compuestos, como observaron en semen ovino Hellemann y Jara (1997), quienes añadieron un detergente comercial (Equex STM) a un diluyente de Tris- fructosa-20% de yema de huevo y 6.4% de glicerol y obtuvieron cerca de un 70% más de acrosomas intactos que con el mismo diluyente sin el detergente (62.1% vs 36.8%). Ponglowhapan y Chatdarong (2008) observaron también este efecto con el mismo detergente pero en semen canino.

En cuanto a la morfología espermática en el semen fresco y descongelado, los resultados de este trabajo son similares a los reportados por Palacios *et al.* (1992), quienes observaron que el porcentaje de espermatozoides normales no varió significativamente ($P > 0.05$) después del proceso de congelación-descongelación del semen. Esto indica que la disminución de la motilidad ocurre sin que se produzcan en el espermatozoide cambios estructurales visibles al microscopio. Según Palacios (1994), la

presencia de espermatozoides con cola doblada, con pérdida de la motilidad por disminución de la energía, o realizando movimientos en círculo, se debe al aumento de la permeabilidad de la membrana plasmática y a la salida de iones y moléculas, lo cual ocurre por debajo de los 20° C y hasta los -60° C, o sea durante la última etapa del enfriamiento y las primeras etapas de la congelación. Probablemente por alguna razón el One-Step ofrece ligeramente menos protección durante esta etapa que el Triladyl, y de allá el ligero aumento de anomalías espermáticas observado con este diluyente después de la descongelación.

Conclusión

Los resultados de este trabajo muestran que el semen de carnero se puede congelar satisfactoriamente con los dos diluyentes estudiados y que la calidad de las dosis que se obtienen es buena y similar con ambos, aunque aparece una ligera tendencia a favor del Triladyl.

Referencias

- Aisen, E. G., Alvarez, H. L., Venturio, A. y Garde J.J. 2000. Effect of trehalose and EDTA on cryoprotective action of ram semen diluents. *Theriogenology*. 53:1053-1061.
- Aké-López, R. y Sánchez-Encalada, W. 1997. Efecto de la remoción parcial del plasma seminal sobre la congelabilidad del semen bovino. *Revista Biomédica*. 8:21-26.
- Akourki, A., Gallegos, M., Echegaray, A., González, N., Josa, A., Espinosa, E. y Celma, M. L. 2004. Resultados de fertilización in vitro utilizando semen congelado de los Moruecos Assaf. *Revista Científica*. 14: 451-456.
- Angulo, M. R., Ortiz, H. A., Berruecos,

- V. J., Felman, S. D. y Valencia, M. J. 1999. Motilidad y fertilidad del semen de carnero, descongelado a dos diferentes ritmos de temperatura. *Vet. Méx.* 30:265-268.
- Ax, R. L., Rally, M. R., Didion, B.A., Lenz, R.W., Love, C.C., Varner, D.D., Hafez B. y Bellin M.E. 2002. Evaluación del semen. En: Reproducción e inseminación artificial en animales. Editado por: E. S. E. Hafez y B. Hafez. 7ª Ed. McGraw-Hill. México, DF. 375-386.
- Bag, S., Joshi, A., Naqvi, S. M., Rawat, P.S. y Mittal, J. P. 2002. Effect of freezing temperature, at which straws were plunged into nitrogen, on the post-thaw motility and acrosomal status of ram spermatozoa. *Anim. Reprod. Sci.* 72:175-183.
- Centurión, C. F., Echeverría, A. S., Aké, L. R., Alfaro, G. M., Santos, R. R., Sarmiento, F. L., Alzina, L. A. y Chimal, CH. P. 2006. Efecto del Selenio y la vitamina E en la dieta sobre la calidad seminal de verracos jóvenes. En: Memorias de la tercera reunión estatal de investigación agropecuaria, forestal y pesca. Del 19 al 21 de enero de 2006. Mérida, Yucatán, México. Fundación Produce Yucatán, A. C. 63-65.
- Daza, A. A. 1997. Reproducción y sistemas de explotación del ganado ovino. Ed. Mundi-Prensa. España. 139-142.
- De Luna, C., Berlangas, F. J., Silva, C. R., Díaz, S. H. y Padilla, G. L. 1997. Efecto del tipo de diluyente y temperatura de descongelación sobre la calidad del semen ovino procesado. *Agraria UAAAN*. 13: 115-123.
- D'Alessandro, A. G., Martemucci, G., Colonna, M.A. y Bellitti, A. 2001. Post-thaw survival of ram spermatozoa and fertility alter insemination as affected by prefreezing sperm concentration and extender composition. *Theriogenology*.

- Evans, G. y Maxwell, W. M. C. 1990. Inseminación artificial en ovejas y cabras. Ed. Acribia S. A. Zaragoza, España. 95-123.
- Gillan, L., Maxwell, W. M. C. y Evans, G. 2004. Preservation and evaluation of semen for artificial insemination. *Reprod. Fertil. Develop.* 16: 447-454.
- Gobierno del Estado de Yucatán. 1983. Monografía de Yucatán. Gobierno del Estado de Yucatán, Dirección de Obras Públicas. 6-7.
- Hafez, E. S. E. 2002. Preservación y criopreservación de gametos y embriones. En: Hafez, E. S. E.; Hafez, B. Reproducción e inseminación artificial en animales. 7ª Ed. McGraw-Hill. México. 441-452.
- Helleman, C. y Jara, C. 1997. Efecto de un surfactante sobre la integridad de espermatozoides ovinos criopreservados. *Arch. Med. Vet.* 29: 153-160.
- Martínez, G. H. 2001. Evaluación de los diluyentes Triladyl y Seager sobre congelabilidad de semen canino. Tesis de licenciatura. FMVZ-UADY. Mérida, México. 38.
- Maxwell, W. M. C. y Watson, P. F. 1996. Recent progress in the preservation of ram semen. *Anim. Reprod. Sci.* 42: 55-65.
- Oliva, H. J., Mora, M. H., Sánchez, M. M. y Hinojosa, C. A. 2003. Efectos de factores ambientales en la ovinocultura. En: Memorias del segundo seminario sobre producción intensiva de ovinos. Diciembre de 2003. Villahermosa, Tabasco. UJAT. 54-63.
- Palacios, A. A. 1994. Aspectos fisiológicos acerca del congelamiento de semen. *Vet. Méx.* 25: 207-210.
- Palacios, A. A., Valencia, M. J. y Zarco, Q. L. 1992. Efecto del sistema de envasado y la concentración espermática sobre el daño acrosomal y la motilidad postcongelación del semen de equino. *Vet. Méx.* 23:315-318.
- Ponglowhapan, S. y Chatdarong, K. 2008. Effects of Equex STM Paste on the quality of frozen-thawed epididymal dog spermatozoa. *Theriogenology.* 69:666-72.
- Romo, G. S. 1999. Técnicas avanzadas en la reproducción ovina (primera parte). *La Revista del Borrego.* 1999 Julio-Septiembre. Fecha de consulta 21/06/2007 en: <http://www.borrego.com.mx/archivo/n0/f00reprod.dhp>
- Salamon, S. y Maxwell, W. M. C. 2000. Storage of semen. *Anim. Reprod. Sci.* 62:77-111.
- Söderquist, L., Madrid, B. N. y Rodríguez, M. 1997. Assessment of ram sperm membrane integrity following different thawing procedures. *Theriogenology.* 48: 1115-1125.
- Steel R.G.D. y Torrie J.H. 1985. *Bioestadística: Principios y Procedimientos.* Mc Graw Hill. México.
- Watson, P. F. 1995. Recent Developments and Concepts in the Cryopreservation of Spermatozoa and the Assessment of their Post-thawing Function. *Reprod. Fertil. Dev.* 7: 871-891.
- Watson, P. F. 2000. The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. *Anim. Reprod. Sci.* 60:481-492.

J. G. Magaña Monforte y C. Silva Mena

¹Departamento de Reproducción y Mejoramiento Genético, FMVZ
Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - UADY.

Introducción

En México la ganadería ocupa más del 50% del territorio nacional y mantiene cerca de 32 millones de cabezas de ganado bovino. La producción de leche y carne es de más de 10,000 millones de litros y de 1,5 millones de toneladas, respectivamente; sin embargo para satisfacer la demanda nacional se importa el 25 y el 22% de la leche y la carne que se consume en México, respectivamente (SAGARPA, 2008a; 2008b). El trópico mexicano comprende aproximadamente el 25% del territorio y con más del 60% de las vacas aporta el 18 y el 33% de la leche y la carne nacional, respectivamente. La producción de leche y de becerros en esta región se asocia a bajos costos de producción. La posibilidad de mejorar la productividad de estos sistemas en el corto y mediano plazo, sin contribuir al deterioro ambiental, representa un potencial significativo. Sin embargo, deficiencias en la higiene de la leche y en los procesos de comercialización, y el nivel tecnológico en las zonas tropicales, entre otros, limitan su desarrollo (CONARGEN, 2000; Tewolde *et al.*, 2002; Magaña *et al.*, 2006a). En este trabajo se discuten algunos aspectos que se consideran de particular importancia para el desarrollo de estrategias de mejoramiento del sistema de producción bovina de doble propósito (SBDP) en el trópico de México.

Características del sistema de producción de leche bovina en el trópico

La lechería tropical se conceptúa como un sistema que produce leche y carne, donde una parte del hato se ordeña y también se deja que la cría mame (Anderson y Wadsworth, 1995). La base de la alimentación son los pastos tropicales, con mínima suplementación durante la sequía. El ordeño es a mano una vez al día con apoyo de la cría, a la que después se le deja mamar un cuarto completo y/o leche residual. El ordeño es con poca higiene y el destete no siempre coincide con el final de la lactancia sino que depende de la persistencia de la lactación, la época del año y la condición corporal de la vaca. El ganado mayormente utilizado proviene del cruzamiento, sin un programa específico, entre Cebú y Pardo Suizo, Holstein y Simmental. Raramente se usan registros de producción y los programas sanitarios, reproductivos y de asistencia técnica son escasos o inexistentes. Estos sistemas se ubican a menos de 1,000 msnm, la precipitación pluvial anual varía entre 800 y 2,500 mm, con una clara estacionalidad que incluye una sequía de 3 a 7 meses; el tamaño del hato varía de 30 a 40 vacas (CONARGEN, 2000; SAGARPA, 2008a).

Según su capital y nivel tecnológico, estos sistemas pueden ser extensivos y semi-intensivos, y están asociados con bajos costos de producción, para México representan una importante alternativa (CONARGEN, 2000; Tewolde *et al.*, 2002; Magaña *et al.*, 2006a).

- Evans, G. y Maxwell, W. M. C. 1990. Inseminación artificial en ovejas y cabras. Ed. Acribia S. A. Zaragoza, España. 95-123.
- Gillan, L., Maxwell, W. M. C. y Evans, G. 2004. Preservation and evaluation of semen for artificial insemination. *Reprod. Fertil. Develop.* 16: 447-454.
- Gobierno del Estado de Yucatán. 1983. Monografía de Yucatán. Gobierno del Estado de Yucatán, Dirección de Obras Públicas. 6-7.
- Hafez, E. S. E. 2002. Preservación y criopreservación de gametos y embriones. En: Hafez, E. S. E.; Hafez, B. Reproducción e inseminación artificial en animales. 7ª Ed. McGraw-Hill. México. 441-452.
- Helleman, C. y Jara, C. 1997. Efecto de un surfactante sobre la integridad de espermatozoides ovinos crioconservados. *Arch. Med. Vet.* 29: 153-160.
- Martínez, G. H. 2001. Evaluación de los diluyentes Triladyl y Seager sobre congelabilidad de semen canino. Tesis de licenciatura. FMVZ-UADY. Mérida, México. 38.
- Maxwell, W. M. C. y Watson, P. F. 1996. Recent progress in the preservation of ram semen. *Anim. Reprod. Sci.* 42: 55-65.
- Oliva, H. J., Mora, M. H., Sánchez, M. M. y Hinojosa, C. A. 2003. Efectos de factores ambientales en la ovinocultura. En: Memorias del segundo seminario sobre producción intensiva de ovinos. Diciembre de 2003. Villahermosa, Tabasco. UJAT. 54-63.
- Palacios, A. A. 1994. Aspectos fisiológicos acerca del congelamiento de semen. *Vet. Méx.* 25: 207-210.
- Palacios, A. A., Valencia, M. J. y Zarco, Q. L. 1992. Efecto del sistema de envasado y la concentración espermática sobre el daño acrosomal y la motilidad postcongelación del semen de equino. *Vet. Méx.* 23:315-318.
- Ponglowhapan, S. y Chatdarong, K. 2008. Effects of Equex STM Paste on the quality of frozen-thawed epididymal dog spermatozoa. *Theriogenology.* 69:666-72.
- Romo, G. S. 1999. Técnicas avanzadas en la reproducción ovina (primera parte). *La Revista del Borrego.* 1999 Julio-Septiembre. Fecha de consulta 21/06/2007 en: <http://www.borrego.com.mx/archivo/n0/f00reprod.dhp>
- Salamon, S. y Maxwell, W. M. C. 2000. Storage of semen. *Anim. Reprod. Sci.* 62:77-111.
- Söderquist, L., Madrid, B. N. y Rodríguez, M. 1997. Assessment of ram sperm membrane integrity following different thawing procedures. *Theriogenology.* 48: 1115-1125.
- Steel R.G.D. y Torrie J.H. 1985. *Bioestadística: Principios y Procedimientos.* Mc Graw Hill. México.
- Watson, P. F. 1995. Recent Developments and Concepts in the Cryopreservation of Spermatozoa and the Assessment of their Post-thawing Function. *Reprod. Fertil. Dev.* 7: 871-891.
- Watson, P. F. 2000. The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. *Anim. Reprod. Sci.* 60:481-492.

J. G. Magaña Monforte y C. Silva Mena

¹Departamento de Reproducción y Mejoramiento Genético, FMVZ
Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - UADY.

Introducción

En México la ganadería ocupa más del 50% del territorio nacional y mantiene cerca de 32 millones de cabezas de ganado bovino. La producción de leche y carne es de más de 10,000 millones de litros y de 1,5 millones de toneladas, respectivamente; sin embargo para satisfacer la demanda nacional se importa el 25 y el 22% de la leche y la carne que se consume en México, respectivamente (SAGARPA, 2008a; 2008b). El trópico mexicano comprende aproximadamente el 25% del territorio y con más del 60% de las vacas aporta el 18 y el 33% de la leche y la carne nacional, respectivamente. La producción de leche y de becerros en esta región se asocia a bajos costos de producción. La posibilidad de mejorar la productividad de estos sistemas en el corto y mediano plazo, sin contribuir al deterioro ambiental, representa un potencial significativo. Sin embargo, deficiencias en la higiene de la leche y en los procesos de comercialización, y el nivel tecnológico en las zonas tropicales, entre otros, limitan su desarrollo (CONARGEN, 2000; Tewolde *et al.*, 2002; Magaña *et al.*, 2006a). En este trabajo se discuten algunos aspectos que se consideran de particular importancia para el desarrollo de estrategias de mejoramiento del sistema de producción bovina de doble propósito (SBDP) en el trópico de México.

Características del sistema de producción de leche bovina en el trópico

La lechería tropical se conceptúa como un sistema que produce leche y carne, donde una parte del hato se ordeña y también se deja que la cría mame (Anderson y Wadsworth, 1995). La base de la alimentación son los pastos tropicales, con mínima suplementación durante la sequía. El ordeño es a mano una vez al día con apoyo de la cría, a la que después se le deja mamar un cuarto completo y/o leche residual. El ordeño es con poca higiene y el destete no siempre coincide con el final de la lactancia sino que depende de la persistencia de la lactación, la época del año y la condición corporal de la vaca. El ganado mayormente utilizado proviene del cruzamiento, sin un programa específico, entre Cebú y Pardo Suizo, Holstein y Simmental. Raramente se usan registros de producción y los programas sanitarios, reproductivos y de asistencia técnica son escasos o inexistentes. Estos sistemas se ubican a menos de 1,000 msnm, la precipitación pluvial anual varía entre 800 y 2,500 mm, con una clara estacionalidad que incluye una sequía de 3 a 7 meses; el tamaño del hato varía de 30 a 40 vacas (CONARGEN, 2000; SAGARPA, 2008a).

Según su capital y nivel tecnológico, estos sistemas pueden ser extensivos y semi-intensivos, y están asociados con bajos costos de producción, para México representan una importante alternativa (CONARGEN, 2000; Tewolde *et al.*, 2002; Magaña *et al.*, 2006a).

En el Cuadro 1 se presentan algunos indicadores de productividad de los SBDP. La fertilidad, en la mayoría de los estudios, oscila entre 50 y 60%, aunque con un rango entre 39 a 81%. La edad al primer parto, de más de 36 meses, sugiere bajo potencial de crecimiento y deficientes estrategias de manejo de reemplazos. La mortalidad de las crías fluctúa entre 9 y 20%, aunque sus causas no están documentadas.

Cuadro 1. Algunos indicadores de productividad de los sistemas bovinos de doble propósito en el trópico latinoamericano.

Indicadores	Valor más frecuente	Rango
Producción de leche:		
Vaca / día, kg	4	2.8 - 6.5
Vaca / lactación, kg	1160	749 - 1589
Días en lactación, d	290	244 - 311
Fertilidad:		
Edad al primer parto, meses	37	32 - 43
% de nacimientos	64	39 - 81
Producción de carne		
Peso al destete, kg	150	120 - 160
Ganancia de peso: kg / día		
Becerras	0.37	0.29 - 0.49
Post-destete	0.22	no determinado
Productividad:		
Carga UA / Ha	1.4	0.72 - 1.90
Kg leche/ha/año	476	182 - 749
Kg carne/ha/año	116	45 - 192

Fuente: Reynoso-Campos et al., 2004.

La producción de leche por vaca al día, por lactación y anual reportada para estos sistemas no considera la consumida por la cría y realmente es la leche vendible. Finalmente, según la leche vendible por lactación (749 a 1589 kg) o por año (186 a 1156 kg), los SBDP se pueden considerar de intensidad baja o moderada, pero muy eficientes en el uso de recursos forrajeros de calidad mediana a pobre. Sin embargo, en cuanto a kilogramos de destete y de leche por hectárea al año, el doble propósito muestra una variación

considerable, reflejo de los retos y potencialidades del sistema y señal de la urgencia de estudiar sus componentes e interacciones.

Ventajas y limitaciones de los recursos y tecnologías disponibles para el mejoramiento de la lechería tropical de México

La expresión fenotípica de la productividad de un animal resulta de dos

factores con control genético; el potencial que puede expresarse en ausencia de estrés y la capacidad de sobrellevar los efectos del estrés ambiental. En ambos, los genes pueden actuar de manera aditiva o no aditiva. Entonces, el genotipo animal puede ser factor limitativo de la productividad cuando carece del potencial de producción, de la capacidad de adaptación al medio ambiente o de ambas. Si la limitación se refiere al potencial de producción, pero hay buena adaptación a las condiciones ambientales, como en

la mayoría de la población *Bos indicus* del país, el productor tiene dos alternativas para mejorar la productividad. La primera es reducir al mínimo el estrés mediante mejor manejo (alimentación, salud, instalaciones) e introducir genes con mayor potencial productivo vía cruzamientos o sustitución de razas. La segunda, mejorar el potencial existente al mismo tiempo que se mantiene las características de adaptación, por medio de la selección. La primera alternativa permite además aprovechar los beneficios de la heterosis y la complementariedad de los animales cruzados; esta ventaja es muy importante en condiciones de bajos insumos como las que prevalecen en los sistemas de doble propósito (Madalena et al., 1990; Magaña et al., 2006b).

Para mejorar el desempeño animal los programas deben incluir las alternativas disponibles para mejorar el genotipo y el medio ambiente de producción. Si se mejora sólo el ambiente de producción (alimentación por ejemplo), los genotipos con bajo potencial limitarán el impacto sobre el mejoramiento. Si sólo se mejora el genotipo, el ambiente de producción no será acorde y limitará la respuesta al mejoramiento (Madalena et al., 1990; Parra-Bracamonte et al.; 2005; Magaña et al.; 2006b; Magaña et al.; 2009).

Los recursos genéticos y su papel en el mejoramiento de los sistemas de lechería tropical

El tipo de ganado (raza o cruce) es un componente más del sistema de producción y debe estar en armonía con la alimentación, reproducción y nivel sanitario, así como con sus interacciones. En los SPBD el recurso animal utilizado consiste en un amplio rango de genotipos *Bos indicus* y *Bos taurus*,

pero en general no hay definición clara del nivel de encaste entre ellos. En consecuencia, por una parte se pierden las ventajas de la heterosis y por otra enfrenta dificultades en el manejo integral y aprovechamiento racional de los recursos del sistema, en especial los relacionados con la alimentación y la reproducción.

Para aumentar los volúmenes de producción láctea en el trópico el bajo potencial de producción del ganado Cebú o Criollo es un factor limitativo, aunque está adaptado al trópico, y por ello se han evaluado diferentes estrategias genéticas (Madalena et al., 1990; Holmann et al., 1990; Vaccaro et al., 1997), como son:

- Utilización de razas puras *Bos taurus* (Holstein, Pardo Suizo y Jersey)
- Cruzamientos rotacionales de dos o más razas
- Cambio periódico de la raza del semental
- Utilización de sementales híbridos
- Reemplazo continuo con hembras F1

Resultados de las estrategias de mejoramiento genético

Si conceptuamos la productividad como una función de producción (carne y leche), fertilidad y sobrevivencia, las evaluaciones de las alternativas de manejo genético deben considerar esas características. En el Cuadro 2 se resumen algunos resultados obtenidos en el trópico con diferentes niveles de producción. El indicador combina dos componentes importantes del desempeño económico: la producción de leche y la reproducción de las vacas. En general, se nota que las vacas con 50% de genes europeos (F1) tuvieron el mejor desempeño en los niveles bajos de manejo y que esta superioridad

disminuía a medida que el nivel de producción mejoraba. También es claro que el desempeño de las vacas con más encaste de genes europeos alcanzó al de las vacas F1 solamente cuando la producción de leche por día de intervalo entre partos fue de alrededor de 10 kg. La expresión del comportamiento productivo de los cruces depende del nivel de manejo del hato, y no existe un cruce superior para todas las condiciones de manejo.

La tendencia mostrada en el Cuadro 2 ha sido confirmada con diferentes cruzamientos y mejores niveles de manejo (Lemos *et al.*, 1997; Cuadro 3). La producción por día de intervalo entre partos de la F1 fue de 27% más que la de las vacas Holstein puras. La ventaja de las F1 en comparación con otros cruces también fue notable en las características que afectan los costos y los ingresos (Madalena *et al.*, 1990; Holmann *et al.*, 1990; Magaña *et al.*, 2006a).

Cuadro 2. Producción de leche por día de intervalo entre partos de diferentes cruces de razas europeas y cebú en varios niveles de producción.

País	Fracción de Bos taurus				Referencia
	¼	½	¾	1	
Brasil	-	-	10.0	9.9	Madalena <i>et al.</i> (1983)
Kenia	8.2	9.5	9.5	9.5	Mackinnon <i>et al.</i> (1996)
Brasil	3.7	7.9	7.6	7.0	Madalena <i>et al.</i> (1990)
Varios	3.5	4.8	4.7	4.6	Cunningham y Syrstad (1987)
Brasil	-	5.3	4.4	2.5	Madalena <i>et al.</i> (1990)
Brasil	1.6	5.1	3.8	2.5	Madalena <i>et al.</i> (1978)

Fuente: Madalena, 1998

Cuadro 2. Producción de leche por día de intervalo entre partos de diferentes cruces de razas europeas y cebú en varios niveles de producción.

Estrategia de cruzamiento	Producción de leche (PL) Kg	Intervalo de partos (IP) días	PL/IP Kg/día
F ₁	3770	403	8.9
Hol-Hol-Gir	2758	394	7.5
Semental mestizo	2637	390	7.2
(15/16 Hol)	2759	417	7.0

¹ Vacas aprox. 5/8 Holandés, hijas de 2 sementales mestizos probados para producción de leche.

Fuente: Lemos *et al.*, (1997).

Por otra parte, se ha propuesto intensificar totalmente el sistema con vacas Holstein en confinamiento como alternativa única de producción lechera en el trópico. Pero se ha demostrado que estos sistemas no son sostenibles, por problemas reproductivos y alta mortalidad (Vaccaro, 1992; Magaña y Delgado, 1998) o porque a pesar de una mayor producción láctea el margen bruto es menor comparado con la producción en pasto mas suplementación (Cuadro 4).

Los cruces con grado intermedio de herencia europea han sido más productivos que animales Cebú en ambientes capaces de soportar más de 2000 kg de leche/lactancia; y también han demostrado una mayor productividad que animales con mayor grado de herencia europea. La desventaja de animales de mayor potencial productivo estriba en más problemas reproductivos, de sobrevivencia y nutricionales en comparación con animales de

Cuadro 4. Comparación de dos sistemas de alimentación y manejo durante 280 días en EMBRAPA-Gado de Leite, MG, Brasil

Sistema	Producción de leche kg/vaca/día	Margen bruto US\$ / Vaca
Confinamiento ración completa <i>ad libitum</i>	20.6	569.7
Pastoreo más suplementación	16.6	754.0

Fuente: Madalena (1998).

Se ha observado que el nivel de encaste europeo tiende a aumentar a medida que las condiciones ambientales permiten sostener mayores niveles de producción, debido a la mayor capacidad de los cruces de mediana y alta herencia europea, en comparación con el Cebú, de responder a una mejor alimentación (Vaccaro *et al.* 1997., Madalena *et al.*, 1990). En Brasil (Madalena *et al.*, 1990), en Venezuela (Holmann *et al.*, 1990) y en México (Parra-Bracamonte *et al.*, 2005; Magaña *et al.*, 2009) se ha mostrado que los animales con mayor proporción de genes europeos registraron incrementos en la producción cuando la alimentación y el manejo mejoraron de un nivel medio a alto.

encaste intermedio. La solución de deficiencias nutricionales con el uso de concentrados no ha sido rentable, debido al incremento de costos de producción y de la dependencia de recursos externos al sistema (Madalena *et al.*, 1990; Magaña *et al.*, 2006a). Los recursos disponibles en los trópicos parecen capaces de sostener sistemas con niveles de producción láctea menores a los 2500 kg (Vaccaro *et al.*, 1997). Sin embargo, en los SBDP actuales raramente se obtienen producciones mayores a 1000 kg de leche/lactancia, lo que significa un reto y un gran potencial. Además, los SBDP tropicales representan una buena alternativa para hacer frente a la globalización económica, debido en

gran parte a su bajo costo de producción. Estos SBDP pueden mejorar su productividad mediante un manejo más intensivo, tanto en cuanto a higiene, conservación y comercialización de la leche como en el uso racional de sus recursos; esto los haría más sustentables y rentables.

Características a mejorar

En el contexto económico los caracteres que más influyen en el éxito de una empresa de doble propósito son: a) producción de leche, b) eficiencia reproductiva, c) crecimiento, d) sobrevivencia y e) resistencia a parásitos.

a) La producción láctea por vaca por lactancia representa el ingreso más importante para el sistema de producción de leche y de doble propósito (Vaccaro *et al.*, 1997; Teyer *et al.*, 2003). La producción de leche es de moderada heredabilidad (20 a 30%), aunque los valores no son bien conocidos en poblaciones de lechería tropical. Este carácter está influido también por factores no genéticos, entre los que están el sistema de ordeño y el manejo de vaca y de la cría, ya que existe gran variación entre ranchos (Parra-Bracamonte *et al.*, 2005; Magaña *et al.*, 2006b).

b) La eficiencia reproductiva es de primordial importancia, ya que sin partos no hay crías ni leche. La heredabilidad de esta característica es baja pero hay evidencia de correlaciones negativas entre fertilidad y producción de leche, lo que sugiere la existencia de una base genética para la fertilidad. Los indicadores más utilizados para medir la eficiencia reproductiva de la hembra son: el intervalo entre partos y, cuando se usa la inseminación artificial, los intervalos parto primer celo y parto

primer servicio, la tasa de concepción y el número de servicios por concepción (Delgado, 2000; Estrada-León *et al.*, 2008). En el macho se puede utilizar la talla testicular, la tasa de no retorno y la tasa de preñez (Salisbury *et al.*, 1978; Silva-Mena *et al.*, 2000).

c) El crecimiento de la cría hasta el destete afecta directamente los ingresos del sistema. Esta característica tiene una variabilidad genética aditiva y no aditiva importante. También, mediante esta característica se puede inferir sobre la habilidad materna de vacas o de grupos raciales o genéticos (Teyer *et al.*, 2003; Magaña *et al.*, 2006b).

d) La sobrevivencia es muy importante porque determina varios aspectos del sistema. Por ejemplo, si la cría muere, se pierde la oportunidad de vender el producto carne (destete) y como la cría se asocia al manejo de la ordeña, también se reduce el número de vacas en ordeño y la cantidad de leche vendible (Magaña *et al.*, 2006b).

e) La resistencia a parásitos es importante por su relación directa e indirecta con las condiciones del clima tropical, en especial por el uso del pastoreo directo. Se ha demostrado la diferencia entre los biotipos *Bos indicus* y *Bos taurus* y sus cruces para la resistencia; la heredabilidad estimada para la resistencia a las garrapatas es alta (40%).

La evaluación de la situación productiva y reproductiva de los hatos de doble propósito sólo podrá realizarse si se tiene una base de datos de los eventos registrados en cuanto a las características más relevantes del desempeño animal. Sin embargo, en México la falta de bases de datos es un factor limitativo serio. Es urgente la definición clara de un mínimo de caracteres cuyo registro y evaluación sea necesario para poder

sugerir estrategias sólidas, genéticas o de manejo, para el mejoramiento del desempeño animal y del sistema de producción (Delgado, 2000; Magaña *et al.*, 2009).

Estrategias de alimentación

En el trópico en general, y en México en particular, el recurso más abundante para alimentar al ganado es el pasto, pero diversos factores pueden limitar su consumo y utilización, por lo que las necesidades nutricionales no siempre se cubren y para evitar la disminución de la producción se debe usar la suplementación (Kú-Vera, 2000). Los pastos tropicales con buen manejo (riego y fertilización) pueden mantener producciones de 2500 kg de leche/lactancia ó 9000 kg de leche/ha/año (Combellas, 1998) (Cuadro 5). Esto representa más del doble de la producción nacional media del sistema de lechería tropical del país.

actividades del productor, como los cultivos, son más ventajosos (Tewolde *et al.*, 2002; Palma, 2006). Otra alternativa es la asociación con leguminosas o árboles forrajeros, especialmente donde la integración con otros cultivos no es muy factible; esto permite reducir los costos de alimentación, ya que la suplementación no representa egresos del sistema (Kú-Vera, 2000; Magaña *et al.*, 2006a; Palma, 2006; Tewolde *et al.*, 2002). Por otra parte, vacas con potencial productivo mayor al que puede sostenerse con los pastos tropicales necesitan suplementos concentrados o de subproductos agroindustriales de buena calidad. Pero cuando los concentrados constituyen más del 25% de la dieta o del 0.8% del peso vivo se reduce el consumo y la utilización del pasto y disminuye la respuesta real a la suplementación para la producción (McDowell, 1985; Combellas, 1998). Esto es muy importante para sistemas de producción tropicales que pretenden lograr una

Cuadro 5. Potencial de producción de leche en sistemas de pastoreo libre todo el año, extensivo e intensivo

Sistema con pastos	Carga (vacas/ha)	Kg/vaca	Producción de leche	
			Kg/lactancia	Kg/ha
Naturales o no fertilizados	0.8-1.5	6 - 7	1400 - 1700	1300 - 2700
Fertilizados no irrigados	2.5-3.3	6.8	1600 - 2000	5300 - 6800
Fertilizados e irrigados:				
Vacas mediano potencial	2.7-4.5	7 - 8.5	1700 - 2400	6000 - 9000
Vacas alto potencial	2 - 4	10 - 14	3000 - 4500	8500 - 15000
Cargas muy altas	5.5 - 8	9 - 12	2400 - 3600	16000 - 20000
Gramíneas y leguminosas				
Vacas mediano potencial	1 - 2	8 - 9	2100 - 2400	2700 - 4700
Vacas alto potencial	1 - 2	11 - 13	3300 - 4200	5000 - 8000

Fuente: Combellas, 1998.

Es claro que en los trópicos la producción láctea se basará en gran medida en los pastos debido a su abundancia, pero los hatos que pueden integrar otras

alta producción con razas europeas puras (Holstein o Pardo Suizo), pues éstas tienen requerimientos nutricionales incompatibles con el uso del

alimento más abundante en el trópico: el pasto (Cuadro 6). Además, aun utilizando los concentrados las dificultades de adaptación limitan el consumo y la expresión del potencial de producción de leche (McDowell, 1985).

Los sistemas intensivos que usan concentrados y vacas de alta producción no son sustentables y sus costos de producción son mayores. Los animales F1 son más productivos y rentables que otros grupos genéticos, especialmente

Cuadro 6. Influencia del nivel de alimentación (múltiples de mantenimiento) sobre la producción esperada de vacas Holstein.

Múltiplos de Mantenimiento	% de lo esperado	Condiciones ambientales de producción
2.88	100	Hatos promedio en zonas templadas
2.29	61	La mejor eficiencia en los trópicos
2.05	45	Máximo potencial de los pastos tropicales.
1.50	31	Pastoreo a temporal y residuos de cultivos.
1.75	15	Promedio de alimentación en hatos pequeños.

Fuente: Mc Dowell, 1985.

Conclusiones

El mejoramiento de los SBDP en el trópico mexicano es urgente y muy importante socioeconómica y ecológicamente, y para ello es necesario definir claramente los objetivos e implementar sistemas de registro de los eventos más relevantes para la evaluación de la productividad, de los genotipos y de su interacción con el manejo. La aplicación de las tecnologías disponibles para mejorar el ambiente de producción del SBDP requiere conocer los recursos de cada región agroecológica, así como la infraestructura del sistema, y el mejoramiento de este ambiente debe ser concomitante con el mejoramiento genético, ya que la expresión de la productividad es un reflejo de ambos.

con producciones menores a 2000 kg de leche por lactancia. Cuando mantener la constancia de la proporción F1 es difícil, las proporciones pueden fluctuar entre el 0.25 y 0.75 de genes europeos. Si las condiciones de alimentación y de manejo general mejoran, la proporción de genes europeos no debe ser menor al 50%.

Referencias

Anderson, S., Wadsworth, J. 1995. Proceeding of the International Workshop on Dual Purpose Cattle Production Research. IFS, UADY. Mérida, Yucatán, México.
Combellas, J. 1998. Nivel de producción de leche y necesidades de concentrados en sistemas sustentados en pastos tropicales. Archivos Latinoamericanos

de Producción Animal. 6 Suplemento 1:45-44.

CONARGEN, 2000. Plan de acción para ganado bovino de doble propósito. Comité Nacional de los Recursos Genéticos.. México, DF. : 22-31.

Delgado, R. 2000. Comportamiento reproductivo de bovinos productores de leche (Doble Propósito) en el trópico. Factores que lo afectan. En: J. Santos (Ed). Alternativas para la intensificación de sistemas ganaderos de doble propósito en el trópico. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán México. : 23-33.

Estrada-León, R., Magaña, J.G., Segura J.C. 2008. Genetic parameters for reproductive traits of Brown Swiss cows in the tropics of Mexico. J. Anim. & Veterinary Advances. 7:124-129.

Holmann, F., Blake, R.W., Hahn, M.V., Baker, R.A., Ontenacu, P.A., Stanton, T.I. 1990. Comparative profitability of purebred and crossbred Holstein herds in Venezuela. J. Dairy Sci. 73:2190-2199.

Kú-Vera, J.C. 2000. Alternativas nutricionales para la intensificación de los sistemas de doble propósito. En: J. Santos (Ed). Alternativas para la intensificación de sistemas ganaderos de doble propósito en el trópico. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán México. 109-119.

Lemos, A.M., Verneque, R.S., Teodoro, R.L., Novães L.P., Concalves, T.M., Monteiro J.B.N. 1997. Efeito da estratégia de cruzamentos sobre características produtivas e reprodutivas em vacas do sistema mestico do CNPGL-EMBRAPA. Rev. Soc. Brasil. Zootec. 27:704-714.

Madalena, F.E., Lemos, A.M., Teodoro, R.L., Monteiro, J.B.N., Barbosa, R.T. 1990. Evaluation of strategies for crossbreeding in Dairy cattle in Brazil. J. Dairy Sci. 73:1887-1895.

Madalena, F.E. 1998. Cruces y sistemas de producción de leche en el Brasil tropical. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 6 Suplemento 1: 71-82.

Magaña, J.G., Delgado, R. 1998. Algunas observaciones sobre el comportamiento reproductivo de vacas Pardo Suizo en el trópico sub-húmedo de México. Rev. Biomédica. 9:197-203.

Magaña, J.G., Martínez, J.C., Ríos, G. 2006a. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 14:105-114.

Magaña, J.G., Tewolde, A., Anderson, S., Segura, J.C. 2006b. Productivity of different cow genetic groups in dual-purpose cattle production systems in south-eastern Mexico. Trop. Anim. Health Prod. 38:583-591.

Magaña, J.G., Parra-Bracamonte G., Estrada-León, R.J., Kú-Vera, J.C., Sosa-Ferreira, C.F. 2009. Caracterización del recurso genético animal en el diseño de sistemas sustentables de producción bovina en el trópico. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 10:85-94.

McDowell, R.E. 1985. Meeting constraints to intensive dairying in tropical areas. Cornell International Agricultural Mimeo108. Cornell University, Ithaca, NY.

Palma, J.M. 2006. Los sistemas silvopastoriles en la producción pecuaria. Experiencias en la región del trópico seco de México. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 14: 67-74.

Parra-Bracamonte, G., Magaña, J.G., Delgado, R., Osorio, M., Segura, J.C. 2005. Genetic and non-genetic effects on productive and reproductive traits of cows in dual purpose herds in Southeastern Mexico. Genet. Mol. Res. 4:482-490.

Reynoso-Campos, O., Fox, D.G., Blake, R.W., Barry, M.C., Tedeschi, L.O.,

Nicholson, C.F., Kaiser, H.M., Oltenacu, P.A. 2004. Predicting nutritional requirements and lactation performance of dual-purpose cows using a dynamic model. *Agricultural Systems*. 80:67-83.

SAGARPA. 2008a. Situación actual de la producción de leche en México. México, DF.

SAGARPA. 2008a. Situación actual de la producción de carne de bovino en México. México, DF.

Salisbury, G.W., Vandemark, N.L., Lodge, J.R. 1978. *Physiology of Reproduction and Artificial Insemination of Cattle*. 2nd. Ed. W.H. Freeman and Co. San Francisco.

Silva-Mena, C., Aké-López, R., Delgado-León, R. 2000. Sexual behavior and pregnancy rate of *Bos indicus* bulls. *Theriogenology* 53:991-1002

Tewelde, A., Martínez, J.C., Gutierrez, E., Magaña J.G. 2002. Utilización estratégica de los recursos genéticos para la intensificación de los sistemas de producción bovina de doble propósito. *Memorias. IX Curso Internacional de Reproducción Bovina. UNAM-FMVZ-División de Educación Continua-Departamento de Reproducción*, México, DF. 121-134.

Teyer, R., Magaña J.G., Santos, J., Aguilar, C. 2003. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de tres grupos genéticos en un hato de doble propósito en el sureste de México. *Rev. Cub. Ciencia Agric.* 37:363-370.

Vaccaro, L. 1992. Survival of European Dairy breed and their crosses with Zebu in the tropics. *Anim. Breed. Abstrs.* 58:475-494.

Vaccaro, L., Pérez, A., Mejías, H., Khalil, R., Vaccaro, R. 1997. Cuantificación de la interacción genotipo:ambiente en sistemas de producción de bovinos de doble propósito. En: Lascano, CE.,

Holmann, F (Eds). *Metodologías para la investigación en Fincas con Sistemas de Producción de Doble Propósito*. CIAT. Cali, Colombia. 72-81.

R.I. Rodríguez-Vivas¹, M.E. Bolio-González¹, R. Montes de Oca-Jiménez², J. Martínez-Burnes³, G. López-Valencia⁴, A. Peniche-Cardeña⁵, M. Canales-Rubio⁵, C. Baldwin-Sevilla⁶ y J. Hernández-de Anda⁷

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán; ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México; ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas; ⁴Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California; ⁵Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana; ⁶Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas; ⁷Colegio de Veterinaria, Universidad de Florida.

Introducción

La vida es resultado de procesos químicos, físicos y biológicos que ocurren en las células que conforman los tejidos, órganos, aparatos y sistemas de los animales. La función plena de éstos ocurre gracias a su capacidad de autorregulación. Sin embargo, existen factores que tienen influencias sobre el animal, lo que hace necesario para el organismo realizar ajustes que le permitan su integración al ambiente (homeocinesis). El resultado de estos ajustes puede variar según la capacidad de respuesta del organismo y/o el tipo de factor que esté actuando. Desde el punto de vista médico un animal puede encontrarse en los siguientes estados: a) sano, b) enfermo, c) convaleciente, y d) incapaz de responder a la agresión (Sierra, 1992). El animal sano es capaz de conservar su equilibrio, la armonía de su medio interno, adaptarse a su ambiente circundante y expresar su potencial productivo. El animal enfermo sufre un desequilibrio funcional de su organismo por la agresión de un agente externo o por la alteración del organismo mismo, por falta de la compensación debida por los mecanismos de homeocinesis (Colín, 2004). Por otra parte, el animal convaleciente es el que se encuentra recuperando el equilibrio después de haber sido alterado éste por alguna causa; el animal incapaz de responder a

la agresión sucumbe con la muerte (Sierra, 1992).

Para conocer la causa de la enfermedad de un individuo o población animal es necesario realizar el diagnóstico integral que permita identificar a los agentes causales involucrados, mediante la ayuda del diagnóstico clínico, pruebas de laboratorio, estudios de gabinete y cirugía diagnóstica (Han et al., 1997; Jackson y Cockcroft, 2002; Jack *et al.*, 2005). El diagnóstico integral permitirá sentar las bases para establecer programas de control, prevención y erradicación de la enfermedad.

El objetivo de esta revisión es describir y analizar las etapas que permiten determinar el estado de salud o enfermedad en un individuo o población animal.

Determinantes de enfermedad

Existe una serie de determinantes (agentes causales) que producen un desequilibrio en el estado de salud de los animales. Thrusfield (2005) clasifica los determinantes de enfermedad en los animales en:

- Primarios. Factores que ejercen un efecto fundamental en la inducción de enfermedad (agentes animados e inanimados).
- Secundarios. Factores predisponentes, favorecedores o reforzadores (Cuadro 1).

Nicholson, C.F., Kaiser, H.M., Oltenacu, P.A. 2004. Predicting nutritional requirements and lactation performance of dual-purpose cows using a dynamic model. *Agricultural Systems*. 80:67-83.

SAGARPA. 2008a. Situación actual de la producción de leche en México. México, DF.

SAGARPA. 2008a. Situación actual de la producción de carne de bovino en México. México, DF.

Salisbury, G.W., Vandemark, N.L., Lodge, J.R. 1978. *Physiology of Reproduction and Artificial Insemination of Cattle*. 2nd. Ed. W.H. Freeman and Co. San Francisco.

Silva-Mena, C., Aké-López, R., Delgado-León, R. 2000. Sexual behavior and pregnancy rate of *Bos indicus* bulls. *Theriogenology* 53:991-1002

Tewelde, A., Martínez, J.C., Gutierrez, E., Magaña J.G. 2002. Utilización estratégica de los recursos genéticos para la intensificación de los sistemas de producción bovina de doble propósito. *Memorias. IX Curso Internacional de Reproducción Bovina. UNAM-FMVZ-División de Educación Continua-Departamento de Reproducción*, México, DF. 121-134.

Teyer, R., Magaña J.G., Santos, J., Aguilar, C. 2003. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de tres grupos genéticos en un hato de doble propósito en el sureste de México. *Rev. Cub. Ciencia Agric.* 37:363-370.

Vaccaro, L. 1992. Survival of European Dairy breed and their crosses with Zebu in the tropics. *Anim. Breed. Abstrs.* 58:475-494.

Vaccaro, L., Pérez, A., Mejías, H., Khalil, R., Vaccaro, R. 1997. Cuantificación de la interacción genotipo:ambiente en sistemas de producción de bovinos de doble propósito. En: Lascano, CE.,

Holmann, F (Eds). *Metodologías para la investigación en Fincas con Sistemas de Producción de Doble Propósito*. CIAT. Cali, Colombia. 72-81.

R.I. Rodríguez-Vivas¹, M.E. Bolio-González¹, R. Montes de Oca-Jiménez², J. Martínez-Burnes³, G. López-Valencia⁴, A. Peniche-Cardeña⁵, M. Canales-Rubio⁵, C. Baldwin-Sevilla⁶ y J. Hernández-de Anda⁷

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán; ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México; ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas; ⁴Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California; ⁵Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana; ⁶Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas; ⁷Colegio de Veterinaria, Universidad de Florida.

Introducción

La vida es resultado de procesos químicos, físicos y biológicos que ocurren en las células que conforman los tejidos, órganos, aparatos y sistemas de los animales. La función plena de éstos ocurre gracias a su capacidad de autorregulación. Sin embargo, existen factores que tienen influencias sobre el animal, lo que hace necesario para el organismo realizar ajustes que le permitan su integración al ambiente (homeocinesis). El resultado de estos ajustes puede variar según la capacidad de respuesta del organismo y/o el tipo de factor que esté actuando. Desde el punto de vista médico un animal puede encontrarse en los siguientes estados: a) sano, b) enfermo, c) convaleciente, y d) incapaz de responder a la agresión (Sierra, 1992). El animal sano es capaz de conservar su equilibrio, la armonía de su medio interno, adaptarse a su ambiente circundante y expresar su potencial productivo. El animal enfermo sufre un desequilibrio funcional de su organismo por la agresión de un agente externo o por la alteración del organismo mismo, por falta de la compensación debida por los mecanismos de homeocinesis (Colín, 2004). Por otra parte, el animal convaleciente es el que se encuentra recuperando el equilibrio después de haber sido alterado éste por alguna causa; el animal incapaz de responder a

la agresión sucumbe con la muerte (Sierra, 1992).

Para conocer la causa de la enfermedad de un individuo o población animal es necesario realizar el diagnóstico integral que permita identificar a los agentes causales involucrados, mediante la ayuda del diagnóstico clínico, pruebas de laboratorio, estudios de gabinete y cirugía diagnóstica (Han et al., 1997; Jackson y Cockcroft, 2002; Jack *et al.*, 2005). El diagnóstico integral permitirá sentar las bases para establecer programas de control, prevención y erradicación de la enfermedad.

El objetivo de esta revisión es describir y analizar las etapas que permiten determinar el estado de salud o enfermedad en un individuo o población animal.

Determinantes de enfermedad

Existe una serie de determinantes (agentes causales) que producen un desequilibrio en el estado de salud de los animales. Thrusfield (2005) clasifica los determinantes de enfermedad en los animales en:

- Primarios. Factores que ejercen un efecto fundamental en la inducción de enfermedad (agentes animados e inanimados).
- Secundarios. Factores predisponentes, favorecedores o reforzadores (Cuadro 1).

Los agentes infecciosos constituyen la causa más importante de enfermedades. La mayoría de ellos penetran en el hospedero procedentes del ambiente externo o materno. Sin embargo, existen otros factores como los ambientales, de manejo, traumatismos, tóxicos, metabólicos, sociales y culturales que tienen gran importancia. Por ello, los determinantes también pueden clasificarse como relacionados con el hospedero, el agente o el ambiente (Cuadro 1). La mayoría de las infecciones (por virus, bacterias, hongos o parásitos) son seguidas por la multiplicación del microorganismo en el hospedero, pero esto no es universal, ya que algunas infecciones helmínticas pueden involucrar a un microorganismo único que no necesariamente se replica en el hospedero (Casadevall y Pirofski, 1999). El microorganismo puede ser erradicado inmediatamente por mecanismos no inmunes (parpadeo, lágrimas, flujo de orina) y luego por mecanismos inmunes innatos (fagocitosis por neutrófilos o adaptativa), respuesta inmune humoral y celular (Soriano *et al.*, 2006). La infección puede progresar al estado de enfermedad (daño al hospedero), comensalismo (interacción hospedero-microorganismo que no resulta en daño del hospedero), mutualismo (hospedero y microorganismo se benefician) (Casadevall y Pirofski, 2000; 2003; Soriano *et al.*, 2006).

Para originar una infección, las bacterias, virus, hongos y parásitos emplean diversas estrategias. Un mecanismo común utilizado por estos microorganismos es la adherencia, que representa el primer paso crucial de una infección e implica la interacción directa entre las superficies del microorganismo y del hospedero. Esta

interacción es mediada por estructuras que se unen de manera específica a las células del hospedero. La adherencia microbiana permite la multiplicación, colonización e invasión del hospedero. Esta interacción puede ser neutralizada de manera artificial (por quimioterápicos) o natural (respuestas inmunes innatas y adaptativas), lo que lleva a la erradicación del microorganismo de los tejidos del hospedero (Soriano *et al.*, 2006).

Diagnóstico del estado de salud o enfermedad

a) Diagnóstico ante mortem

Examen clínico. El objetivo del examen clínico es identificar las anormalidades clínicas que están presentes y los factores de riesgo que determinan la ocurrencia de enfermedad en un individuo o población animal. El examen clínico incluye varios pasos que se inician con la entrevista al propietario del animal o encargado de la granja donde se obtiene datos del paciente, información de la granja e historia de la enfermedad. Posteriormente se recurre a la observación del ambiente y al examen físico general del paciente, donde se obtienen indicadores que son contrastados con los valores de referencia (Jackson y Cockcroft, 2002). El examen físico general constituye un elemento fundamental para orientar el diagnóstico hacia los posibles problemas en los diferentes aparatos y sistemas. En conjunto con los datos de la historia clínica se puede elaborar un listado de posibles diagnósticos presuntivos y diferenciales, así como definir las pruebas de gabinete o laboratorio que permitan establecer un diagnóstico definitivo y finalmente diseñar y aplicar programas de prevención y control (Jackson y

Cockcroft, 2002). El expediente clínico orientado hacia problemas es un sistema médico que permite organizar en forma racional y secuencial la información que se tiene de un paciente para formular un diagnóstico y registrar su evolución clínica (Padilla, 1995).

Pruebas auxiliares de diagnóstico. Para el reconocimiento de las enfermedades

generalmente se requiere del apoyo de métodos auxiliares de diagnóstico ante mortem y post mortem (Jackson y Cockcroft, 2002). El usuario del laboratorio clínico puede recurrir a una amplia variedad de exámenes y mediciones que se pueden realizar en la sangre, plasma, orina, excremento, órganos, exudados, trasudados y otros líquidos del paciente. El diagnóstico depende en gran medida del desarrollo

Cuadro 1. Determinantes de enfermedad de carácter primario y secundario (Adaptado de Thusfield, 2005).

DETERMINANTES PRIMARIOS

Determinantes endógenos	Determinantes exógenos				
	Animados		Inanimados		
	Endoparásitos	Ectoparásitos	Físicos	Químicos	Alérgicos
Constitución genética	Virus	Artrópodos	Trauma-	Excesos	Alérgenos
Metabolismo	Bacterias	Protozoos	tismos	Carencias	
Comportamiento	Hongos	Metazoos	Clima	Desequilibrios	
	Protozoos		Radiaciones	Tóxicos	
	Metazoos		Estresantes	Fotosensibilizantes	
	Rickettsias				
	Mycoplasmas				
	Priones				

DETERMINANTES SECUNDARIOS

Determinantes endógenos	Determinantes exógenos
Constitución genética (sexo, especie, raza)	Localización
Edad	Clima
Tamaño y conformación	Manejo (alojamiento, dieta, manejo general, aptitud del animal)
Estado hormonal	Traumatismos
Estado nutricional	Enfermedades concurrentes
Estado inmunológico	Estado inmunitario
Estado funcional	Agentes estresantes
Comportamiento	Aspectos sociales
	Aspectos culturales

de pruebas cada vez más exactas y de nuevas determinaciones de laboratorio, así como de entender el alcance y las limitaciones de las mismas (Rodríguez-Vivas y Cob-Galera, 2005). Una prueba diagnóstica es el proceso mediante el cual un individuo o población es clasificado como poseedor o carente de un determinado atributo (generalmente una enfermedad). Las pruebas diagnósticas involucran no sólo las desarrolladas en el laboratorio, sino también las efectuadas sobre el terreno, los exámenes físicos, la historia clínica y las imágenes. Se usan para detectar una enfermedad, evaluar y cuantificar infecciones, infestaciones, intoxicaciones, carencias, perfiles metabólicos, niveles hormonales o estados fisiológicos. Su uso es tan variado que incluye la detección o cuantificación de anticuerpos, antígenos en lavados prepuciales, células somáticas en leche, preñez en animales, etc. (Tarabla, 2000).

En años recientes el número disponible de procedimientos de laboratorio, de gabinete e intervenciones quirúrgicas se ha incrementado. A continuación se hará referencia a los principales métodos auxiliares en el diagnóstico y para mayores detalles se recomienda consultar la literatura especializada. Los métodos auxiliares en el diagnóstico se pueden dividir en: a) métodos orientados a detectar agentes causales, b) métodos orientados a identificar la respuesta de los animales a la presencia de agentes causales, y c) estudios de gabinete y cirugía para el diagnóstico.

Métodos para detectar agentes causales. La identificación de agentes causales puede realizarse por observación macroscópica o microscópica de los agentes. Existen métodos para la detección de agentes por medio de

inmunofluorescencia directa usando conjugados preparados con anticuerpos (generalmente monoclonales). Con el establecimiento de las líneas celulares, hoy en día, ciertos virus pueden replicarse en una gran variedad de líneas celulares establecidas, lo que permite su identificación y caracterización (Mendoza-Elvira *et al.*, 2005). En los casos de ciertos virus que afectan a los animales el antígeno viral puede ser reconocido en el citoplasma de las células infectadas. La prueba de inmunohistoquímica aplicada en cortes de tejidos también es útil para identificar agentes causales. Mediante el uso de la biología molecular se pueden detectar ácidos nucleicos, mutaciones, péptidos, proteínas, etc., por medio de técnicas que utilizan como base la reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés) (Office International des Epizooties, 1993).

Métodos para identificar la respuesta de los animales a la presencia de agentes causales. El laboratorio clínico juega un papel importante, ya que proporcionará valores que deberán ser interpretados de acuerdo con cada situación particular. Entre las pruebas más usadas en medicina veterinaria se encuentran las que incluyen los análisis clínicos (ejemplos: hemogramas, químicas sanguíneas, pruebas de funcionamiento de órganos), parasitológicos (ejemplos: coproparasitoscópicas, identificación de parásitos macroscópicos y microscópicos, hemoparásitos), pruebas inmunológicas (ejemplos: aglutinación, inmunofluorescencia, ELISA, fijación del complemento, radioinmunoanálisis, inmunoperoxidasa, neutralización, inmunoblot, intradermoreacción), pruebas moleculares (ejemplos: PCR, hibridación, análisis de mutaciones para identificar y estudiar genes, ADN

recombinantes, clonaciones), detección de resistencia de microorganismos a los productos farmacéuticos (ejemplos: resistencia a antibióticos y antiparasitarios), determinación de excesos y deficiencias (ejemplos: minerales, vitaminas, pesticidas) (Quinn *et al.*, 1994; Sambrook y Russell, 2001; Lodish *et al.*, 2003; Rosado-Aguilar *et al.*, 2008).

Estudios de gabinete y cirugía para el diagnóstico. El diagnóstico por imagen se utiliza de forma habitual en el estudio diagnóstico del animal enfermo o lesionado. Los rayos X son un tipo de radiación electromagnética que es similar a la luz visible, pero con longitudes de onda más cortas. Permiten demostrar el tamaño, forma y posición de los órganos. La radiología médica resulta de gran utilidad para examinar tejidos blandos y óseos en los animales. Esto permite, con la ayuda de contrastes, destacar posibles alteraciones en los animales. Los estudios electrocardiográficos y ecográficos confirman los hallazgos encontrados en el estudio radiográfico, así como la estructura interna de los tejidos blandos y la dinámica de algunos de los órganos (Díez, 1996; Han *et al.*, 1997). Los estudios endoscópicos permiten evaluar estructuras internas de un paciente a través de un orificio natural o quirúrgico con un tubo rígido o flexible y un sistema óptico. Entre los procedimientos con endoscopia rígida se incluyen en medicina veterinaria: la artroscopia, citoscopia, laparoscopia, otoscopia, rinoscopia, toracoscopia, uretroscopia y vaginoscopia. Con endoscopia flexible existen la rinoscopia y broncoscopia (Jack *et al.*, 2005).

La tomografía axial computarizada, al igual que otras técnicas radiológicas

convencionales, se basa en la capacidad que tienen los tejidos corporales de atenuar las radiaciones X que pasan a través de ellos (Barreiro *et al.*, 1996). La resonancia magnética nuclear (RMN) es una forma de obtener imágenes anatómicas sin el empleo de radiaciones ionizantes. La RMN es una técnica basada en que al introducir la materia en un fuerte campo magnético las partículas atómicas se alinean, y cuando éstas son sometidas a ondas de una determinada radiofrecuencia se altera esta alineación con la emisión de una radiación dependiente de la composición y características de la materia (Barreiro *et al.*, 1996). Otro método de diagnóstico es el uso de abordajes quirúrgicos para diagnosticar anomalías internas que permiten visualizar las lesiones. La laparotomía exploratoria requiere de procesos quirúrgicos para observar órganos y tejidos internos, lo que permite realizar diagnósticos precisos para tomar decisiones correctas y oportunas. Los procedimientos quirúrgicos tienen como finalidad apoyar el diagnóstico clínico y corregir alteraciones de las estructuras orgánicas en los animales. Son una valiosa herramienta que se emplea en medicina veterinaria y que con frecuencia permite atender animales con determinadas enfermedades producidas por diversos microorganismos (Jack *et al.*, 2005).

b) Diagnóstico post mortem

Para conocer la causa de la enfermedad que originó la muerte es necesario recurrir al diagnóstico post mortem. El animal enfermo presenta cambios físicos (morfológicos) en sus células, tejidos, órganos, aparatos y sistemas que reciben el nombre de lesiones. Algunas lesiones son identificables a

simple vista durante la necropsia, que consiste en el estudio de los tejidos, órganos, aparatos y sistemas mediante la disección sistemática del cadáver de un animal. Las lesiones microscópicas sólo se pueden apreciar mediante estudios histológicos, histoquímicos e inmunohistoquímicos. El estudio de las lesiones microscópicas se puede realizar en muestras obtenidas en la necropsia o por medio de biopsias. Una biopsia consiste en la obtención de fragmentos de tejidos o la aspiración de células, exudados o líquidos corporales de un animal vivo. Cuando no se logra identificar plenamente la causa de la enfermedad y sólo se aprecia un conjunto de lesiones y signos que pueden ser provocados por una gran variedad de factores patógenos, se habla de un síndrome (Colín, 2004; Romero, 2004). Una vez obtenidas las muestras se procede al diagnóstico morfológico, usando técnicas auxiliares se pueden detectar al agente causal y/o signos de las reacciones del animal ante la agresión para llegar al diagnóstico integral (Cheville, 1999; Taylor, 1999).

La mayoría de las lesiones no son específicas de algún órgano ni de alguna enfermedad en particular. Sin embargo, existe la denominada lesión patognomónica, que es la alteración morfológica celular o tisular que sólo se presenta en una enfermedad en particular; por ejemplo, el cuerpo de Negri (inclusión en el citoplasma de las neuronas) es una lesión patognomónica de la rabia (Trigo y Mateos, 1993). Las lesiones macroscópicas son aquéllas que se pueden apreciar a simple vista (son suficientemente grandes y se encuentran en las estructuras anatómicas superficiales) o por auscultación, percusión o radiografía si se encuentran en órganos internos (Trigo y Mateos,

1993). Se requiere una considerable experiencia y una observación cuidadosa para el reconocimiento de los aspectos macroscópicos en los diversos tejidos (Thomson, 1984). Por su parte las lesiones microscópicas son apreciadas sólo a través del estudio histológico de cortes tisulares observándolos con un microscopio óptico, electrónico de transmisión o electrónico de barrido. El estudio de las lesiones microscópicas se puede realizar en muestras obtenidas durante la necropsia o mediante biopsias y empleando las tinciones ordinarias o marcadores específicos como los anticuerpos monoclonales (Trigo y Mateos, 1993).

La producción de las lesiones no es un hecho estático, sino un proceso dinámico que se estudia a través de la patogenia, la cual explica cómo y porqué se dañan los tejidos. La comprensión de la patogenia de las lesiones es primordial para que el médico veterinario logre diagnosticar, tratar, prevenir e impedir el desarrollo de los padecimientos que aquejan a los animales. Desde el punto de vista clínico, el desarrollo de una enfermedad puede ser un proceso agudo cuando el animal sana completamente o muere en un lapso corto, o bien puede ser un proceso crónico cuando las lesiones se desarrollan durante un tiempo prolongado y las disfunciones que provoca son compensadas por los sistemas de homeostasis que las vuelven compatibles con la vida. Sin embargo, en el estudio histológico los conceptos de crónico y agudo se basan en el tipo de exudado (Trigo y Mateos, 1993).

c) Diagnóstico de enfermedades en poblaciones animales

El diagnóstico de enfermedades en poblaciones animales se lleva a cabo por medio de sistemas de monitoreo y de vigilancia. El monitoreo es el término utilizado para describir una acción continua en la colección de datos para detectar cambios o desviaciones de perfiles de prevalencia de enfermedades. Vigilancia es un caso especial de monitoreo donde los datos son usados para evaluar un estatus en respuesta a un umbral previamente definido; para enfermedades exóticas el umbral generalmente es cero. La formulación de programas de vigilancia incluye aspectos políticos (ejemplo: leyes, normas, reglamentos), financieros (infraestructura, equipo, entrenamiento, costos operativos) y técnicos (objetivos, población de interés, diseño, métodos de diagnóstico, sistemas de colección, manejo y análisis de datos, rastreo epidemiológico, retroalimentación, comunicación) (Stärk *et al.*, 2002).

Un aspecto importante en el diagnóstico sobre poblaciones animales es el tema de las propiedades de las pruebas de diagnóstico para identificar individuos y poblaciones animales infectados con un agente causal: sensibilidad y especificidad. La sensibilidad es la capacidad (en porcentaje) de una prueba para detectar a los verdaderos animales infectados o enfermos (positivos). La especificidad es la capacidad (siempre en porcentaje) de una prueba para detectar a los verdaderos animales sanos (negativos). Un dato importante relacionado con la sensibilidad y la especificidad es la precisión del dato de sensibilidad y especificidad: el intervalo de confianza. Por ejemplo, en estudios con un tamaño de muestra

pequeño, el intervalo de confianza (generalmente reportados como intervalos de confianza del 95%) será amplio y menos preciso comparado con el de estudios con un tamaño de muestra más grande. La sensibilidad y especificidad son características importantes de la prueba de diagnóstico, pero no ayudan a definir el diagnóstico en animales con un estatus de enfermedad desconocido. La pregunta relevante es: un animal con un resultado positivo o negativo ¿está o no está infectado? Para contestar esta pregunta es necesario conocer el valor predictivo positivo y el valor predictivo negativo de la prueba, mismos que cambian en poblaciones diferentes examinadas con la misma prueba porque ambos son afectados por la prevalencia de la enfermedad y por la sensibilidad y especificidad de la prueba. En poblaciones con una prevalencia de enfermedad alta el valor predictivo positivo siempre será más alto comparado con el de una con prevalencia de enfermedad baja. Asimismo, en poblaciones con una prevalencia baja el valor predictivo negativo será más alto comparado con el de una población con prevalencia alta (Thrusfield, 2005).

Los conceptos de sensibilidad, especificidad y valores predictivos de la prueba de diagnóstico se aplican a los sistemas de monitoreo y vigilancia de enfermedades en poblaciones animales. Estos conceptos epidemiológicos son fundamentales y deben ser manejados con mucha claridad por los operadores de las campañas de control y erradicación contra enfermedades a nivel nacional, regional o estatal de un determinado país. Cuando un país, región, o estado ha logrado un estatus libre de enfermedad y lo pierde uno o dos años después, esto puede ser una señal de que el

sistema de vigilancia no es lo suficientemente sensible. Una acción inmediata es revisar los estándares de control de calidad de las pruebas de diagnóstico. Sin embargo, una acción de mayor alcance es revisar el diseño del sistema de vigilancia y formular preguntas difíciles pero necesarias: ¿Hay problemas metodológicos, presupuestales o de logística en el muestreo? ¿Está basado en poblaciones blanco de alto riesgo? El conocimiento claro de las propiedades de las pruebas de diagnóstico y su uso correcto en sistemas de vigilancia de enfermedades en poblaciones animales es un tema que compete a los epidemiólogos en los servicios veterinarios ofrecidos a nivel nacional, regional o estatal de un país (Stärk *et al.*, 2002).

Control, prevención y erradicación de enfermedades

a) Control de enfermedades

El control es la reducción de la morbilidad y la mortalidad originada por una enfermedad. Puede conseguirse mediante la terapéutica (medicamentosa o quirúrgica), terapia de líquidos, manejo, etc., de los animales enfermos, reduciendo la prevalencia de la enfermedad (Thrusfield, 2005). Los fármacos pueden administrarse con el objetivo de proporcionar una terapia específica, de apoyo o sintomática. El tratamiento específico se administra para eliminar, destruir o modificar la (o las) causa (s) primaria (s) del proceso patológico; los ejemplos incluyen el uso de antibióticos para eliminar infecciones bacterianas, el empleo de antídotos para contrarrestar toxinas y la terapéutica de restitución hormonal. El tratamiento de apoyo es el que modifica o elimina las anormalidades secundarias a la enfermedad primaria. La terapéutica diseñada para corregir el

déficit de líquidos, electrolitos, ácidos y bases, es un ejemplo de terapéutica de apoyo. El tratamiento sintomático se administra para eliminar o suprimir signos clínicos. Los ejemplos de esta modalidad terapéutica incluyen el uso de antieméticos para controlar el vómito y el empleo de glucocorticoides para aliviar el prurito. La elección del medicamento correcto se basa en el conocimiento de los antecedentes de los efectos adversos del fármaco (ejemplo: exantema, temblores, anorexia, vómitos, diarrea). A fin de minimizar interacciones farmacológicas adversas, es mejor evitar el uso innecesario de combinaciones múltiples de fármacos. La cirugía es otra herramienta que se utiliza para resolver problemas ocasionados por agentes causales animados (bacterias, virus, protozoos, metazoarios, etc.) o inanimados (traumatismos físicos, químicos) (Taylor, 1995).

La fisioterapia y rehabilitación proporcionan beneficios físicos y psicológicos al paciente. Los animales responden de manera positiva a la atención "manual" relacionada con la fisioterapia. Los beneficios fisiológicos de la fisioterapia posquirúrgica incluyen: a) resolución temprana de la inflamación, b) aumento del flujo sanguíneo y del drenaje linfático, c) incremento de la producción de colágeno, d) prevención de contracciones periarticulares, e) promoción de una homeostasia articular normal, f) prevención o reducción de atrofia muscular, y g) promoción de mecánicas articulares normales. La suma de estos fenómenos fisiológicos contribuye a una recuperación más temprana y completa de la función del área lesionada (Taylor, 1992). Otra forma de tratamiento y control de enfermedades es mediante el uso de radioterapia, que se basa en la aplicación de radiaciones

ionizantes que producen su efecto al interactuar con las células vivas (Millá *et al.*, 1996).

b) Prevención de enfermedades

La medicina preventiva es la parte de la medicina que evalúa el estado de salud primario de los animales y debe ser tomada en cuenta para permitir estados de salud satisfactorios y sin complicaciones (Thrusfield, 2005). Como parte de la medicina preventiva, el perfil serológico es una herramienta que permite realizar valoraciones sobre el estado de salud en poblaciones animales (Dzitko *et al.*, 2006). Las principales aplicaciones que tiene esta herramienta son (Mogollón *et al.*, 2002):

- Determinación de la situación de enfermedades en una región y monitoreo de enfermedades.
- Evaluación de animales nuevos en una población.
- Eficacia de vacunas y diseño de programas de vacunación.
- Erradicación de enfermedades.

c) Erradicación de enfermedades

En la actualidad el término erradicación se aplica a la extinción regional de un agente infeccioso. Para la erradicación de un agente infeccioso se recurre a una serie de acciones que dependerán del agente involucrado. Una de las principales acciones es la cuarentena, que consiste en el aislamiento de los animales infectados o sospechosos con la intención de verificar si un agente está presente en un determinado tiempo. Si la enfermedad es infecciosa, los animales afectados pueden ser una fuente de infección para el resto del hato. En estas circunstancias puede ser económica y técnicamente conveniente sacrificar a los animales afectados (Tarabla, 2000).

Las vacunas pueden conferir inmunidad frente a muchas bacterias, virus y parásitos. Se utilizan de forma rutinaria para evitar la enfermedad y pueden emplearse durante las epizootias para reducir el número de animales susceptibles. Cuando los animales están expuestos a agentes de localización ambiental puede producirse una vacunación natural (de Waal y Combrink, 2006). Los antibióticos, antihelmínticos, otros medicamentos y el suero hiperinmune se utilizan (terapéuticamente) en el tratamiento de las enfermedades y también se administran (profilácticamente) en momentos de alto riesgo para evitar la enfermedad (Tarabla, 2000; Thrusfield, 2005). El manejo de los animales, como el pastoreo mixto, alternante y secuencial, permite reducir las infestaciones de algunos nematodos en rumiantes. Otras medidas que permiten reducir la incidencia de enfermedades, o erradicarlas, son el control de vectores biológicos y mecánicos, desinfección de fomites, ocupación de nichos, mejora genética de los animales y mejora del medio, del manejo y de la alimentación (Tarabla, 2000).

En conclusión, para conocer las causas determinantes de enfermedad de un individuo o población animal es necesario realizar un diagnóstico integral que permita identificar a los agentes causales involucrados, mediante la ayuda del diagnóstico clínico, pruebas de laboratorio, estudios de gabinete y cirugía diagnóstica. El diagnóstico integral permite sentar las bases para establecer programas de control, prevención y erradicación de enfermedades.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los rectores de las siguientes universidades: Universidad Autónoma de Yucatán, Universidad Autónoma del Estado de México, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Universidad Autónoma de Baja California, Universidad Veracruzana y Universidad Autónoma de Zacatecas, por permitir la conformación de la Red Inter-Universitaria de Salud Animal, RIDSA, de la cual surgió la idea de describir y analizar el proceso salud-enfermedad para definir su objeto de estudio y el quehacer universitario de sus académicos.

Referencias

- Barreiro, L., Vázquez, D.C. y Pereyra, E.J. 1996. Otros medios físicos de diagnóstico. En: Cirugía Veterinaria. Editado por: Gonzalo, J.M., Ávila, I., San Román, F., Orden, A., Sánchez, M.A., Bonafonte, I., Pereyra, J.L. y García, F. Interamericana McGraw-Hill. Madrid. 851-857.
- Casadevall, A. y Pirofski, L. 1999. Host-pathogen interaction: redefining the basic concepts of virulence and pathogenicity. *Infection and Immunity*. 67:3703-3713.
- Casadevall, A. y Pirofski, L. 2000. Host-pathogen interaction: basic concepts of microbial commensalisms, colonization, infection and disease. *Infection and Immunity*. 68:6511-6518.
- Casadevall, A. y Pirofski, L. 2003. The damage-response framework of microbial pathogenesis. *Nature Reviews Microbiology*. 1:17-24.
- Cherville, N.F. 1999. Introduction to veterinary pathology. 2nd Ed. Iowa State University Press, Iowa.
- Colín, F.R. 2004. Interacción hospedador - agente - medio ambiente. En: Patología General Veterinaria. 4a ed. Editado por: Trigo, T.F. y Valero, E.G. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 387-432.
- Díez, B.N. 1996. Ecografía en veterinaria. En: Cirugía Veterinaria. Editado por: Gonzalo, J.M., Ávila, I., San Román, F., Orden, A., Sánchez, M.A., Bonafonte, I., Pereyra, J.L. y García, F. Interamericana McGraw-Hill. Madrid. 821-834.
- de Waal, D.T. y Combrink, M.P. 2006. Live vaccines against bovine babesiosis. *Veterinary Parasitology*. 38:88-96.
- Dzitko, K., Staczek, P., Gatkowska, J. y Dlugonska, H. 2006. *Toxoplasma gondii*. Serological recognition of reinfection. *Experimental Parasitology*. 12:134-137.
- Han, C.M., Hurd, C.D. y Kurklis, L. 1997. Diagnóstico por Imagen: Guía Práctica de Radiología y Ecografía. Harcourt Brace. Madrid.
- Jack, C., Watson, P. y Donovan, M. 2005. Guía de Medicina Veterinaria Canina y Felina. McGraw-Hill. México.
- Jackson, P. y Cockcroft, P. 2002. *Clinical Examination of Farm Animals*. Blackwell. Oxford.
- Lodish, H., Berk, A., Matsudaira, P., Kaiser, C.A., Krieger, M., Scott, M.P., Zipursky, S.L. y Darnell, J. 2003. *Molecular Cell Biology*. Fifth ed. Freeman. New York.
- Mendoza-Elvira, S.E., Coba-Ayala, M.A., Correa-Girón, P. y Ciprián-Carrasco, A. 2005. Epidemiología, prevención y control de la fiebre porcina clásica. En: Enfermedades de Importancia Económica en Producción Animal. Editado por: Rodríguez-Vivas, R.I. McGraw-Hill-UADY. México. 43-65.
- Millá, A., Sanchiz, F., García, F. y Prandi, D. 1996. Principios de radioterapia. En: Cirugía Veterinaria. Editado por: Gonzalo, J.M., Ávila, I., San Román, F., Orden, A., Sánchez, M.A., Bonafonte, I., Pereyra, J.L. y García, F. Interamericana McGraw-Hill. Madrid. 859-867.
- Mogollón, J.D., Rincón, M.A. y Arbeláez, G. 2002. Aplicaciones de la serología para el diagnóstico y control de las enfermedades porcinas en América Latina. *Cerdos-Swine*. 53:10-12.
- Office International des Epizootias (OIE). 1993. Biotechnology applied to the diagnosis of animal diseases. *Scientific and Technological Review*. 12:12.
- Padilla, S.S. 1995. El expediente clínico orientado hacia problemas. En: Examen Clínico. Editado por: Castro, I. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 45-59.
- Quinn, P.J., Carter, M.E., Markey, B. y Carter, G.R. 1994. *Clinical Veterinary Microbiology*. Wolfe. London.
- Rodríguez-Vivas, R.I. y Cob-Galera, L.A. 2005. Técnicas Diagnósticas en Parasitología Veterinaria. Segunda Ed. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida.
- Romero, R.L.P. 2004. Introducción a la patología. En: Patología General Veterinaria. 4a Ed. Editado Por: Trigo, T.F. y Valero, E.G. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 5-23.
- Rosado-Aguilar, J.A., Rodríguez-Vivas, R.I., García-Vázquez, Z., Fragoso-Sánchez, H., Ortiz-Najera, A. y Rosario-Cruz, R. 2008. Development of amitraz resistance in field populations of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) undergoing typical amitraz exposure in the Mexican tropics. *Veterinary Parasitology*. 152:349-353.
- Sambrook, J. y Russell, D.W. 2001. *Molecular Cloning, a Laboratory Manual*. Third Ed. Cold Spring Harbor. New York.
- Sierra, L.E. 1992. El proceso salud-enfermedad: Un enfoque de la fisiología clínica. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*. 180:9-11.
- Soriano, E.V., Salgado-Miranda, C., Suárez-Guemes, F. y Trigo-Talavera, F.J. 2006. Patogenia microbiana: conceptos básicos en la interacción hospedero-microorganismo. *Veterinaria México*. 37:457-465.
- Stärk, K.D.C., Salman, M., Templeman, Y. y Kihm, U. 2002. Review of approaches to quality assurance of veterinary systems for health-status certification. *Preventive Veterinary Medicine*. 56:129-140.
- Tarabla, H. 2000. Epidemiología diagnóstica. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe.
- Taylor, R.A. 1992. Postsurgical physical therapy: The missing link: Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian, 14:1583.
- Taylor, R.A. 1995. Fisioterapia y Rehabilitación. En: Terapéutica Veterinaria de Pequeños Animales. Editado por: Bonagura, J.D. Filadelfia. 89-92.
- Taylor, F.G.R. 1999. Técnicas Diagnósticas en Medicina Equina. Acibia. Zaragoza.
- Thomson, R.G. 1984. *General Veterinary Pathology*. Saunders. Philadelphia.
- Thrusfield, M. 2005. *Veterinary Epidemiology*. Third Ed. Blackwell Publishing. London.
- Trigo, F.J. y Mateos, P.A. 1993. Patología General Veterinaria. 2a. Ed. Interamericana McGraw-Hill. México.

M. E. Bolio González, R. I. Rodríguez Vivas, C. H. Sauri Arceo, E. Gutiérrez Blanco, E. G. Rosado León, R. E. López Ancona, P. P. Martínez Vega, E. Pasos Enríquez y P. Manrique Saide

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - UADY.

Introducción

El proceso parasitario producido en el perro por las especies de filarias *Dirofilaria immitis* (*D. immitis*), *D. repens*, *Dipetalonema dracunculoides* (*Dip. dracunculoides*), *Dip. reconditum* y *Dip. grassii* es conocido como filariosis canina (Atkins, 2005). Estos parásitos están relacionados con la presencia de hospederos intermediarios como mosquitos (varias especies de los géneros *Aedes*, *Anopheles*, *Coquilletidia*, *Culex*, *Ochlerotatus*, *Mansonia* y *Psorophora*), garrapatas (*Rhipicephalus sanguineus*), moscas (*Hippobosca longipennis*) y pulgas (*Ctenocephalides canis o felis*). *D. immitis*, en su forma adulta, se localiza en el corazón derecho y arterias pulmonares del perro, produciéndole un proceso cardiopulmonar conocido como dirofilariosis canina, enfermedad de la filaria cardiaca, filariosis cardiaca o enfermedad del gusano del corazón, ampliamente diseminada en los climas tropicales del mundo (Rodenas, 1998; Cordero del

Campillo *et al.*, 1999; Atkins, 2005).

En los últimos años hemos llevado a cabo diversos estudios sobre la filariosis en los perros del estado de Yucatán, México (Rodríguez-Vivas *et al.*, 1994; Rivas y Bolio, 2002; Durán y Bolio, 2003; Quintal y Bolio, 2003; Mis y Bolio, 2003; Durán, 2005; Valencia, 2005; Rodríguez-Vivas y Cob-Galera, 2005; Bolio-Gonzalez *et al.*, 2007; Manrique-Saide *et al.*, 2008).

En objetivo de este artículo es presentar información que se considera relevante acerca de esta parasitosis, incluyendo algunos de los resultados obtenidos en poblaciones caninas del estado de Yucatán.

El agente etiológico

D. immitis es un Onchocercidae delgado, de color blanco, que puede medir más de 30 cm. de longitud (Figura 1). Presenta estriaciones transversales y longitudinales en la cutícula, tiene boca pequeña y con labios, cápsula bucal rudimentaria sin

faringe y esófago con una porción anterior muscular y otra posterior glandular, no muy bien delimitadas. Los machos son pequeños (120-200 mm de largo x 0.7-0.9 mm de ancho) a diferencia de las hembras (250-310 mm de largo x 1.0-1.3 mm de ancho) (Cordero del Campillo *et al.*, 1999; Atkins, 2005).

Ciclo biológico

En el ciclo biológico de la filaria intervienen mosquitos que ingieren microfilarias (larvas de primer estadio o L1) al alimentarse de un perro infectado; se ha involucrado (con distinto grado de asociación e importancia epidemiológica en distintos países del mundo) a varias especies de mosquitos de diferentes géneros (Rodríguez-Vivas y Cob-Galera, 2005). Las larvas ingeridas pasan del intestino del mosquito hasta sus órganos excretorios, los túbulos de Malpighi, donde se desarrollan intracelularmente (a L2) y mudan hasta alcanzar la fase infectante (L3). En esta etapa vuelven a su vida extracelular y migran hasta las piezas bucales para ser depositadas en la piel de otro perro cuando el mosquito se alimenta de nuevo. En el vector el desarrollo dura dos semanas (Figura 2) (Rodríguez-Vivas y Cob-Galera, 2005). Las microfilarias aparecen en la sangre circulante 6 a 7 meses después de la inoculación de la fase infectante (L3). La microfilaremia aumenta a lo largo de los siguientes 10 meses hasta alcanzar una especie de meseta que se mantiene aproximadamente por cinco años (Rodenas, 1998; Cordero del Campillo *et al.*, 1999).

Epidemiología

La presencia y el grado de infección por las especies de filarias depende en gran medida de factores como la abundancia y densidad de perros en áreas urbanas y rurales, el grado de contacto entre los vectores (mosquitos) y los perros y las condiciones ambientales y climáticas, que afectan el desarrollo de los vectores en el medio. Es importante resaltar que uno de los factores depende de la prevalencia de *D. immitis* en las poblaciones de perros callejeros infectados, y de que existan las condiciones medio-ambientales para el mantenimiento de poblaciones abundantes y continuas de mosquitos.

En Yucatán, México, se han llevado a cabo diversos estudios sobre la filariosis canina y se ha observado que la frecuencia de *D. immitis* varía entre el 3.88% (Valencia, 2005) y el 16.60% (Durán y Bolio, 2003), con toda la gama de frecuencias intermedias: 7.1% (Quintal y Bolio, 2003), 10% (Mis y Bolio, 2003), 11.36% (Rivas y Bolio, 2002), 12.15% (Rodríguez-Vivas *et al.*, 1994) y 15.0 % (Bolio-González *et al.*, 2007). Estos resultados se refieren a perros capturados y concentrados en el Centro de Control Canino y Felino de la ciudad de Mérida y en la Perrera Municipal de Umán, Yucatán, y representan las mayores frecuencias observadas dentro de los estudios, o sea que *D. immitis* fue la especie de filaria más común. Respecto a los géneros de mosquitos involucrados en el ciclo de transmisión de *D. immitis*, se ha señalado al *Aedes*, *Culex* y *Anopheles* (Cordero del Campillo *et al.*, 1999; Morgan, 1999; Atkins, 2005; Manrique-Saide *et al.*, 2008).

Figura 1. *Dirofilaria immitis* en el corazón de un perro (Rodríguez-Vivas y Cob-Galera, 2005).



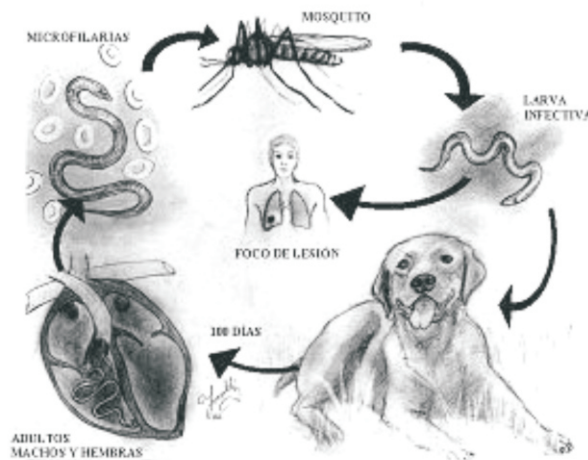


Figura 2. Ciclo biológico de *Dirofilaria immitis* (F. Quiñones).

Diagnóstico

El diagnóstico de esta parasitosis se basa en la observación de las microfilarias en la sangre periférica mediante varios métodos de detección, de los cuales los de la gota gruesa y de Knott modificada son los más usados (Rodríguez-Vivas y Cob-Galera, 2005). También se usan otras herramientas diagnósticas, como la tipificación de las microfilarias con la técnica de la fosfatasa ácida (Chalifoux y Hunt, 1971; Peribañez et al., 2001), la serología (ELISA), la absorción indirecta de anticuerpos fluorescentes (IFA), la hemaglutinación indirecta (HA), la inmunoelectroforesis (CIE) y las técnicas de biología molecular (PCR) (Atkins, 2005). Otros métodos de diagnóstico o complementarios están representados por las pruebas de gabinete como la radiología, la ecocardiografía y la electrocardiografía, para la detección de los nematodos adultos o de los problemas clínicos asociados con ellos (Atkins, 2005).

Signos clínicos

Las manifestaciones clínicas de la parasitosis son variables y cambiantes, y dependen del número de parásitos adultos y de la duración de la infección; muchos perros son totalmente asintomáticos o presentan signos tan discretos que pasan desapercibidos. En los perros infectados puede haber tos, intolerancia al ejercicio, letargo y disnea. En la enfermedad crónica los animales presentan signos como tos seca e intermitente y disnea. A medida que se agrava la enfermedad aparecen otros signos clínicos, como síncope y muerte. En el examen cardiovascular de los perros afectados se aprecia pulso yugular sistólico, soplo de insuficiencia valvular, taquicardia, ascitis, edema, etc. En general se consideran tres clases de la enfermedad (I, II y III), según la gravedad de la misma (Morgan, 1999; Atkins, 2005).

Tratamiento

No existe fármaco que actúe simultánea y eficazmente sobre los parásitos adultos y los estadios larvarios, por lo que es necesario un tratamiento secuencial con diferentes fármacos (adulticida y microfilaricida) (Morgan, 1999; Atkins, 2005).

Adulticida

Se puede usar arsenicales, aunque producen reacciones tóxicas de las que las más frecuentes son vómitos, letargo y anorexia; la aparición de bilirrubina en la orina sugiere una fuerte acción del fármaco. Estos signos suelen presentarse después de la primera o segunda inyección y cuando ocurren es aconsejable suspender el tratamiento, principalmente si aparece ictericia. Otro medicamento empleado es la Tietcetarsamida sódica en dosis de 2.2 mg/kgpv, por vía endovenosa, cada 12 horas durante dos días seguidos (Morgan, 1999; Atkins, 2005). El Clorhidrato de Melarsamina es un organoarsénico superior en seguridad y eficacia que la Tietcetarsamida. Con dos dosis de 2.5 mg/kg por vía intramuscular con 24 horas de intervalo la eficacia es del 96%. En un estudio realizado en 382 perros con dirofilariosis tratados con Melarsamina no se requirió terapia de soporte por toxicidad hepatorenal como sucede con la Tietcetarsamida (Atkins, 2005). Como medida de manejo para el tratamiento contra los parásitos adultos los perros tratados deben quedar confinados en reposo durante 3 ó 4 semanas tras la aplicación de los adulticidas, a fin de evitar riesgos debido a las posibles complicaciones tromboembólicas por la muerte y movilización de los vermes (Morgan, 1999).

Microfilaricida

Se debe aplicar 4-6 semanas después del tratamiento adulticida, para no añadir posibles complicaciones al proceso de embolización de los fragmentos de adultos por la formación de microgranulomas, que también ocurre en el hígado y puede potenciar la hepatotoxicidad derivada del arsenical. Aunque existen varios fármacos con actividad microfilaricida, en la actualidad sólo se suelen emplear Ivermectina y Milbemicina (Morgan, 1999). La Ivermectina es eficaz contra microfilarias en circulación sanguínea, en dosis de 50 mg/kg por vía subcutánea. Adicionalmente, en estudios recientes se ha observado que la Ivermectina tiene algunas propiedades adulticidas cuando se usa continuamente durante 16 meses, y 100% de eficacia al administrarla durante 30 meses (Rodenas, 1998; Morgan, 1999; Atkins, 2005).

Prevención

Se debe considerar el tratamiento preventivo de la enfermedad antes del comienzo de la época de abundancia de mosquitos (vectores); este período puede ser diferente de una zona a otra. En general, en el Sureste de México se puede considerar que este período se extiende de junio a octubre, época de mucha lluvia y alta humedad, factores que propician el desarrollo de los mosquitos (Morgan, 1999; Atkins, 2005). Se ha comprobado que dosis de 6 a 12 mg/kg de Ivermectina durante el período de riesgo son eficaces contra las larvas L3 y L4. No se han descrito efectos adversos al medicamento en estas dosis. Otro producto eficaz es la Milbemicina en dosis de 0.5 a 1 mg/kg durante los meses de riesgo. También la

Moxidectina ha demostrado su eficacia como preventivo de la enfermedad en dosis de 3mg/kg (Cordero del Campillo *et al.*, 1999).

Referencias

- Atkins, C. 2005. Canine Heartworm Disease. En: Textbook of Veterinary Internal Medicine. Diseases of the dog and cat. Editado por: S. J. Ettinger y E.C. Feldman. Elsevier-Saunders. St. Louis Missouri.
- Bolio-Gonzalez, M.E., Rodríguez-Vivas, R.I., Sauri-Arceo, C.H., Gutierrez-Blanco, E., Ortega-Pacheco, A. y Colin-Flores, R.F. 2007. Prevalence of the *Dirofilaria immitis* infection in dogs from Merida, Yucatan, Mexico. *Veterinary Parasitology*. 148: 166–169.
- Chalifoux, L. y Hunt, R. 1971. Histochemical differentiation of *Dirofilaria immitis* and *Dipetalonema reconditum*. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 158:601-605.
- Cordero del Campillo, M., Rojo, V.F.A., Martínez, F.A.R., Sánchez, A.C., Hernández, R.S., Navarrete, L.C.I., Diez, B.P., Quiroz, R.H. y Carvalho, V.M. 1999. *Parasitología Veterinaria*. McGraw-Hill Interamericana. Madrid.
- Durán, M.G. 2005. Frecuencia de la microfilaremia en perros capturados por la Perrera Municipal de la ciudad de Mérida, Yucatán. Tesis de Licenciatura. FMVZ-UADY.
- Durán, M. y Bolio, M.E. 2003. Frecuencia de la filariosis en perros de la Perrera Municipal de Mérida, Yucatán, México. En: Memorias PRIORI Congreso Beca-Tesis 2002. Mérida, Yucatán, México. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Manrique-Saide, P., Bolio-González, M., Sauri-Arceo, C., Dzib-Flores, S. y Zapata-Peniche, A. 2008. *Ochlerotatus taeniorhynchus*: A Probable Vector of *Dirofilaria immitis* in Coastal Areas of Yucatan, Mexico. *Journal of Medical Entomology*. 45:169-171.
- Mis, N. y Bolio, M.E. 2003. Migraciones de parásitos adultos de filarias en el organismo de los perros concentrados en el Centro de Control Canino y Felino, de Mérida, Yucatán, México. En: Memorias PRIORI del II Congreso de estudiantes del verano. Mérida, Yucatán, México. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Morgan, R. 1999. *Clínica de Pequeños Animales*. Tercera Edición. Harcourt-Brace-Saunders. Madrid.
- Peribañez, M.A., Lucientes, J., Arce, S., Morales, M., Castillo, J.A. y Gracia, M.J. 2001. Histochemical differentiation of *Dirofilaria immitis*, *Dirofilaria repens* and *Acanthocheilonema dracunculoides* microfilariae by staining with a commercial kit, Leucognost-SP. *Veterinary Parasitology*. 102:173-175.
- Quintal, M.D. y Bolio, M.E. 2003. Patologías cutáneas asociadas a la parasitación por microfilarias en perros confinados en el Centro de Control Canino y Felino, de Mérida, Yucatán, México. En: Memorias PRIORI del II Congreso de estudiantes del verano. Mérida, Yucatán, México. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Rivas, C. y Bolio, M.E. 2002. Estudio de la prevalencia de la filariosis en perros callejeros capturados y concentrados en la Perrera Municipal de Mérida, Yucatán, México. En: Memorias PRIORI del I Congreso de estudiantes del verano. Mérida, Yucatán, México. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Ródenas, A. 1998. La filariosis canina: revisión práctica. *Con. Dif. Vet.* 6:60-62.
- Rodríguez-Vivas, R.I., Domínguez, A.J.L., Solís, R.F.A. y Cob, G.L.A. 1994. Prevalencia de *Dirofilaria immitis* en perros callejeros de la ciudad de Mérida, Yucatán, México. *Vet. Méx.* 25:145-148.
- Rodríguez-Vivas, R.I. y Cob-Galera, L.A. 2005. *Técnicas Diagnósticas de Parasitología Veterinaria*. Departamento de Parasitología. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Mérida México: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Valencia, T.S. 2005. Frecuencia de la microfilaremia en perros muestreados en la Perrera del Municipio de Umán, Yucatán, México. Tesis de Licenciatura. FMVZ-UADY.

M. A. Torres León

Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Universidad Autónoma de Yucatán

Introducción

La ética como parte de la filosofía que trata de la moral y de las obligaciones del hombre, y la moral como la disciplina que trata del bien en general y de las acciones humanas en cuanto a su bondad o malicia (Spinoza, 1983; Garzón Bates, 1997), se han incorporado recientemente en los planes de estudio de Medicina Veterinaria y Zootecnia de las instituciones de educación superior públicas y privadas de México y Latinoamérica. Además, en las dependencias que no incluyen en sus planes de estudios una asignatura relacionada con la ética, este campo de conocimiento tiene un lugar importante en el perfil profesional. Por lo tanto, es esencial que los profesores y alumnos de las escuelas y facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia del país, médicos veterinarios zootecnistas que ejercen la profesión, colegios de Medicina Veterinaria y Zootecnia de las diferentes entidades del país, y asociaciones de especialistas, practiquen y promuevan la reflexión en torno a esta rama de la filosofía. El imperativo es mayor dada la escasa tradición de la profesión veterinaria de México y Latinoamérica de relacionarse con estos temas. Es común leer y escuchar la palabra ética en los diferentes foros de la profesión - desde las reuniones de la Asociación de Escuelas y Facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia hasta las de la Federación de Colegios y Asociaciones de Medicina Veterinaria y Zootecnia - sin embargo, documentos donde se plasmen las reflexiones y experiencias de la profesión son escasos y de difícil acceso.

En este trabajo se pretende contribuir a la discusión sobre el quehacer de la medicina veterinaria y zootecnia desde la perspectiva de la ética, enfatizando el papel que les corresponde a los profesores que contribuyen a la formación profesional de los futuros médicos veterinarios zootecnistas en México.

El contexto

El énfasis en los aspectos éticos de la formación de los alumnos en los diferentes niveles - básico (secundaria), medio superior y superior (Martínez, 2003) - se promovió y consolidó en la administración de Vicente Fox Quesada; recordemos el código de ética que le hizo jurar a todo el gabinete en el inicio de su sexenio. La Secretaría de Educación Pública se abocó a plasmar este aspecto en el Programa Nacional de Educación 2001 - 2006 mediante objetivos relacionados con la educación superior de calidad "...que los programas educativos hagan énfasis en aspectos formativos, con particular atención a los valores, el derecho social y humano, la diversidad cultural y el cuidado del medio ambiente..."

La Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica (SESI) fomentó, entre otras cosas, que las instituciones de educación superior públicas y sus dependencias elaboraran su misión y visión. En todos los casos se explicitaron aspectos relacionados con la ética. Por ejemplo, la Universidad Autónoma de Nuevo León (2001) anota en su visión hacia 2006 "...los valores esenciales que deben normar la vida universitaria. Verdad (...), integridad

(...), honestidad (...), respeto a la vida y a los demás (...), responsabilidad (...)". Continúa la misma institución, en el perfil del docente dentro de la visión hacia 2006, "... a los maestros corresponde la tarea de formar integralmente a sus estudiantes y convertirse en agentes de cambio, en modelos a seguir por los alumnos" mediante, entre otros, los siguientes atributos: vocación de servicio, promotor de valores, humanista, honrado e íntegro, y ejemplar y respetuoso del alumno.

La Universidad Autónoma de Yucatán (2002) consigna en su misión "... es una institución pública que tiene como misión la formación integral y humanística de personas (...) en un marco de apertura a todos los campos del conocimiento y a todos los sectores de la sociedad (...), conduciendo al desarrollo sustentable de la sociedad, apoyándose...en los valores universales (...). Como institución incorpora cuatro principios básicos de la educación: "aprender a conocer, aprender a ser y aprender a vivir y convivir". La Universidad Autónoma de Yucatán, en el año 2002, decide promover un nuevo modelo educativo y académico (NMEA) como uno de los instrumentos para concretar su misión, su visión y los aspectos relacionados directa o indirectamente con la ética mediante el "especial énfasis respecto al aseguramiento de la calidad en la formación integral de los estudiantes así como en su preparación para participar activamente en los procesos de desarrollo social sustentable". Esto es, el NMEA se centra en la formación integral y humanística de sus estudiantes mediante una perspectiva pedagógica que forme personas tolerantes, reflexivas, bien intencionadas y socialmente solidarias. Con estas bases

es evidente la relación entre el NMEA de la Universidad Autónoma de Yucatán y las declaraciones de la Universidad Autónoma de Nuevo León, como ejemplo de instituciones de educación superior públicas, y los aspectos éticos promovidos por la Secretaría de Educación Pública. Esto hace urgentes algunas definiciones, por ejemplo, ¿qué es la formación integral y humanística? Y, ¿cuáles son las estrategias para el logro de las indiscutibles cualidades que se buscan?

La pregunta es, ¿tenemos los profesores de la licenciatura en medicina veterinaria y zootecnia la competencia para coadyuvar a la formación integral y humanística de los estudiantes? Las palabras humanismo y ética corren el riesgo de desgastarse por lo común que es escucharlas en las intervenciones oficiales en los eventos académicos y políticos; se fomenta a priori su inclusión en el ámbito académico, pero en la realidad son probablemente pocos los convencidos de su importancia en la educación actual. Como ejemplo de las contradicciones entre el discurso político y la actividad profesional cotidiana, cabe recordar el caso del Dr. Guido Belsasso - alto funcionario de la Secretaría de Salubridad y Asistencia en el sexenio del presidente Vicente Fox- quien fue obligado a renunciar al documentarse su participación en el tráfico de influencias. Es importante la congruencia entre el discurso y las acciones cotidianas en todos los niveles (desde los secretarios, directores y profesores hasta el personal de apoyo administrativo y manual) de los ámbitos políticos y académicos para que la sociedad participe con el mismo entusiasmo con que se promueve la educación ética.

García Gual (1998) señala que el arte de leer e interpretar los textos clásicos sigue siendo el más sólido e ineludible fundamento de la formación humanística. ¿Tendrá cabida en los programas y en las actividades rutinarias de los profesores esta actividad, o entenderemos un humanismo diferente? Por otra parte, como un ejemplo de la importancia que ha adquirido la ética en la investigación científica, Wagensberg (2003) anota que “Antes los científicos ponían cara de fastidio cuando se les anunciaba la visita de un comité de ética; hoy la reclaman y alientan la constitución de tales organismos”.

La medicina veterinaria y zootecnia

Las escuelas y facultades de medicina veterinaria y zootecnia son congruentes con la misión y visión de las instituciones de educación superior a las que pertenecen. Por lo tanto, se comprometen con la formación integral y humanística de los estudiantes. El perfil profesional desarrollado en el seno del Consejo Nacional de Educación de la Medicina Veterinaria y Zootecnia (CONEVET), organización encargada de acreditar los programas de medicina veterinaria y zootecnia, reconocida por el Consejo para la Acreditación de la Educación Superior (COPAES), fue adoptado por varias dependencias que ofrecen esta licenciatura. Según este perfil, entre el saber y saber hacer del Médico Veterinario Zootecnista, (SEP, SESIC, 2001) debe estar: “1.- Promover y tener como objetivo personal el bienestar de la sociedad y de los animales, a través del uso adecuado de estos últimos, llevando a cabo sus actividades profesionales con ética dentro del marco legal vigente”.

Las estrategias que utilizan las instituciones para el cumplimiento cabal de esta particularidad del perfil son diferentes; por ejemplo, la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nuevo León ofrece la asignatura obligatoria “Ética del ejercicio profesional”, con su respectivo libro de texto (Berúmen *et al.*, 2002). Otras dependencias, quizá bajo la premisa de que la ética y los valores no se enseñan sino que el aprendizaje de los estudiantes ocurre a lo largo de las actividades académicas cotidianas, no explicitan la ética en el plan de estudios. La FMVZ de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por ejemplo, elaboró un código de conducta para el personal de la dependencia. Además, el primer juramento profesional del Médico Veterinario Zootecnista de la FMVZ de la Universidad Nacional Autónoma de México, elaborado por el Dr. Alfonso Alexander Hernández y adoptado por varias instituciones de educación superior como la FMVZ de la UADY, reza: “Me esforzaré por incrementar al máximo posible la producción de alimentos de origen animal para provecho de la humanidad, por salvaguardar la salud del hombre evitando las enfermedades que los animales puedan transmitirle, y por evitar el sufrimiento innecesario de éstos. Juro que trataré a mis compañeros, y a quienes soliciten mis servicios, apegándome estrictamente a las normas de respeto y ética profesional y que, sin limitación alguna, transmitiré mis experiencias y conocimientos a los miembros de esta profesión y a los aspirantes a realizarla”.

Con todas las acciones planteadas anteriormente, es esencial evaluar los resultados de las diferentes estrategias

en el seno de las reuniones de la Asociación Nacional de Escuelas y Facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Asimismo, que las instituciones de educación superior se comprometan cabalmente a proporcionar la infraestructura, capacitación y medios necesarios para que su personal cumpla con las exigencias de los códigos de ética, bioética y conducta.

Por otra parte, el ámbito de las actividades profesionales de la medicina veterinaria y zootecnia se relaciona con la bioética (Kraus y Cabral, 1999; Comisión Nacional de Bioética, 2002), disciplina que estudia los aspectos éticos de la medicina y la biología en general, así como las relaciones del hombre con los restantes seres vivos, e incluye consideraciones del entorno ecológico, demográfico y ambiental. La bioética tiene como objetivo el análisis racional e interdisciplinario de los problemas morales de la medicina y su vinculación con otras disciplinas científicas. Al menos dos de los principios de la bioética; el de beneficencia (procurar el bien de todos los pacientes) y el de no maleficencia (de no poder hacer el bien a otro, se está obligado a no hacerle mal) están relacionados con el quehacer veterinario y con la producción animal (Garza Ramos, 2002). Por lo tanto, debemos fomentar el aprendizaje de la bioética en los estudiantes e, incluso, basados en la reflexión y experiencias de las organizaciones gremiales, de escuelas y facultades de medicina veterinaria y zootecnia en México, continuar el acercamiento hacia el trabajo realizado por los médicos y todo el personal relacionado con el sector salud. Guardando las proporciones, algunos de los problemas de la ética médica son compatibles con los de la medicina veterinaria y

zootecnia; la eutanasia, el sufrimiento, la investigación, la clonación y la ingeniería genética (Pérez Tamayo, 2002). Desde la etapa de aprendizaje escolarizado del futuro médico veterinario zootecnista, los estudiantes, con la participación de los profesores, deben discutir casos reales de ética y bioética del ejercicio profesional.

Las organizaciones gremiales

Al mismo tiempo que las instituciones de educación superior se preocupaban por fomentar la ética en la formación profesional, las organizaciones gremiales de medicina veterinaria y zootecnia hacían lo propio. A finales de la década de 1990, la Federación de Colegios y Asociaciones de Médicos Veterinarios Zootecnistas A.C. (FEDMVZ, 2009) elaboró, previa consulta con profesionistas organizados del país, el Código de Ética que goza de amplia difusión entre las asociaciones de especialistas del país y guarda similitudes con los de Costa Rica, Brasil y Colombia. Asimismo, la Comisión Técnica de Medicina Veterinaria y Zootecnia en México (2002), constituida en septiembre de 1998 con la participación de la autoridad federal mediante la Dirección General de Profesiones de la Secretaría de Educación Pública, elaboró, en octubre de 2000, un documento denominado “Prototipo de Reglamento del Ejercicio de la Medicina Veterinaria y Zootecnia en México”, cuya adopción ha promovido en los diferentes colegios estatales de medicina veterinaria y zootecnia, así como su aprobación por los diferentes poderes legislativos del país. Este Reglamento se refiere, en varios artículos relacionados con el capítulo del ejercicio profesional, a aspectos de confidencialidad de la información, responsabilidad indivi-

dual en eventuales daños a terceros, honestidad, procuración del bienestar animal y el protegerlos de enfermedades, angustia e incomodidad innecesarios. También contempla la obligación de realizar el ejercicio profesional en el marco del Código de Ética del gremio. Y, en el capítulo sobre los colegios y asociaciones de médicos veterinarios zootecnistas, contiene un artículo relacionado con la función de establecer un código de ética y fomentar su cumplimiento en el ejercicio profesional.

Huelga hablar de la importancia del seguimiento de los resultados en cuanto a la aceptación y cumplimiento del Código de Ética y del Prototipo de Reglamento profesional por los médicos veterinarios zootecnistas que laboran en los diferentes campos, para evaluar su pertinencia y realizar las adecuaciones necesarias. En todo caso, la falta de aplicación de los principios de la ética, al menos en un sector de la profesión médica veterinaria, es fácilmente comprobable al observar las condiciones del sacrificio inhumano de animales en cientos de rastros municipales a lo largo y ancho del país, aunque es de justicia reconocer que muchas veces lograr un cambio no está totalmente en manos del veterinario.

Algunas preguntas

En el proceso de consolidación de la ética y la bioética entre los médicos veterinarios zootecnistas en el ejercicio profesional de hoy, es necesario retomar el planteamiento de la Dra. Aline S. de Aluja (2003), Profesora Emérita de la FMVZ de Universidad Nacional Autónoma de México, pionera y entusiasta difusora de los aspectos éticos y de bienestar animal: ¿Es ético

realizar cirugías estéticas – corte de cola y orejas - en los perros? ¿Es ético laborar en sistemas de producción intensivos que buscan la eficiencia productiva por encima del bienestar animal? ¿Es ético coadyuvar, en el ejercicio profesional, al buen funcionamiento de la llamada más bonita de las fiestas, la de los toros? ¿Es ético esterilizar por cirugía a los perros y gatos por petición expresa de sus dueños? ¿Es ético castrar a los cerdos destinados a la engorda para el consumo humano? ¿Es ético realizar el destete precoz en algunos sistemas de producción? Estas preguntas aparentemente sencillas plantean conflictos éticos cotidianos y no abarcan aspectos tan complejos como los de la ingeniería genética y su esfuerzo por producir líneas de cerdos y aves cada vez más eficientes productivamente; el manejo de antibióticos y hormonas como promotores de crecimiento, principalmente en los sistemas de producción animal intensiva; el bienestar animal en las numerosas investigaciones en medicina veterinaria; la obligación de garantizar la inocuidad de los alimentos de origen animal y las implicaciones de decidir una eutanasia en la consulta clínica y en los sistemas de producción. Éstos son algunos aspectos que urge abordar en los diferentes campos profesionales y en los planes de estudio del médico veterinario zootecnista.

Por otra parte la sociedad civil - como en numerosos aspectos de la vida en nuestro país -, representada entre otros por las asociaciones que velan por el trato humanitario a los perros y gatos, seguramente estará pendiente de los aspectos éticos y bioéticos del ejercicio profesional del MVZ. En este contexto destaca la pertinencia de que los planes de estudio de las diferentes instituciones de educación del país y las

asociaciones de profesionistas enfaticen estos aspectos en sus respectivas áreas de influencia. Mientras tanto, el sector de la medicina veterinaria mexicana sigue mostrando pasividad y, como en el caso de las condiciones en los rastros, ha omitido o evitado manifestarse acerca de las implicaciones éticas de algunas prácticas de la producción animal intensiva, tales como el uso en animales del zilpaterol, la ractopamina y la somatotropina, entre otros anabólicos, con lo que se priva a la sociedad civil de una información con la que debería contar.

En conclusión, reconociendo el esfuerzo de los diferentes protagonistas de la medicina veterinaria y la producción animal en el sentido de que la ética y la bioética sean parte esencial del ejercicio profesional en los diferentes campos laborales, es urgente una evaluación sistemática de los resultados de las estrategias utilizadas por las instancias correspondientes, de modo a poder rectificar oportunamente o consolidar los esfuerzos actuales. Asimismo, sería deseable una mayor participación de los médicos veterinarios zootecnistas organizados, y de los estudiantes de esta profesión, en los aspectos cotidianos y públicos de ética y bioética, como en el polémico tema del control de la población canina de los municipios, por ejemplo. Es importante que los programas de estudios de las escuelas y facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia del país enfatizan la enseñanza de la ética para que los médicos veterinarios zootecnistas sean profesionales que se desempeñen fundamentalmente con honestidad y respeto, en la acepción más amplia de ambas palabras.

Referencias

- Berúmen, N., Gomar, S., Gómez, P. 2002. Ética del Ejercicio Profesional. Compañía Editorial Continental. México. 111–142.
- Comisión Nacional de Bioética. 2002. Código de Bioética. Summa Bioética. Número extraordinario. Vol. 1.
- Comisión Técnica de Medicina Veterinaria y Zootecnia en México. 2002. Prototipo de Reglamento del Ejercicio de la Medicina Veterinaria y Zootecnia en México. 12–17.
- Federación de Colegios y Asociaciones de Medicina Veterinaria y Zootecnia A.C. 2009. Código de Ética Profesional del Médico Veterinario Zootecnista. Disponible en www.fedmvz.com/ética.
- García Gual, C. 1998. El Viaje sobre el tiempo o la lectura de los clásicos. La Educación que Queremos. Diario El País, 21 de octubre de 2002. España.
- Garza Ramos, J. 2002. Bioética, desarrollo sustentable y salud. Summa Bioética. Número extraordinario. Vol. 1.: 47–56.
- Garzón Bates, M. 1997. La ética. Tercer Milenio, Consejo Nacional Para la Cultura y las Artes. México. 4-15.
- Kraus, A., Cabral, A. 1999. La Bioética. Tercer Milenio, Consejo Nacional Para la Cultura y las Artes. México. 7-11.
- Martínez, N. 2003. Darán ética en toda Universidad. El Universal, el gran diario de México, jueves 13 de marzo de 2003. 23.
- Pérez Tamayo, R. 2002. Ética Médica Laica. Fondo de Cultura Económica - El Colegio Nacional. México. 9–15.
- S. de Aluja Aline. 2003. Ética en la Medicina Veterinaria y Zootecnia. Conferencia Magistral. XII Congreso Nacional de Patología Veterinaria. 18 al 20 de Junio de 2003. Puebla.

Secretaría de Educación Pública,
Subsecretaría de Educación Superior e
Investigación Científica. 2001.
Progresión XX – XXI de las Profesiones,
Medicina Veterinaria y Zootecnia.
México. 3 – 16.

Spinoza, A.1983. Ética. Nuestros
Clásicos. Universidad Nacional
Autónoma de México. V – XII.

Universidad Autónoma de Nuevo León.
2001. Visión 2006, Versión 2.0.
Monterrey, Nuevo León. 13 – 20.

Universidad Autónoma de Yucatán.
2002. Modelo Educativo y Académico,
Docentes. Mérida. 21 – 36.

Wagensberg, J. 2003. Ética Científica.
Letras Libres México; marzo de 2003.
23 - 29



UADY

**CAMPUS DE
CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS
“Luz, Ciencia y Verdad”**

**FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA**