

Capítulo XXVII

Tetralogía hemoparasitaria en Ganadería Doble Propósito venezolana

Rita Tamasaukas, Dra

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, las afecciones causadas por los agentes hemotrópicos parasitarios de los Géneros *Anaplasma* (*Anaplasma marginale*), *Babesia* (*Babesia bigemina* y *B. bovis*), y *Trypanosoma* (*Trypanosoma vivax*), están distribuidas en forma endémica, es decir, siempre se encuentran presente en todos los estados del país con vocación ganadera, en especial, en rebaños bovinos doble propósito (DP) y bufalinos, con variaciones estacionales. (Rivera, 1996; Tamasaukas, 1992; Tamasaukas y Roa, 1996; Toro, 1990). Incluso las cuatro especies citadas pueden presentarse en forma simultánea, lo que dió motivo a que se desarrollara el concepto de tetralogía hemoparasitaria (Tamasaukas *et al.*, 2000a) para indicar el estado endémico, con la presencia concomitante de las cuatro especies parasitarias hemotrópicas: *Anaplasma marginale*, *Babesia bigemina*, *B. bovis* y *Trypanosoma vivax* en bovinos con brotes agudos de enfermedad hemoparasitaria mixta. (Tamasaukas *et al.*, 1998; Tamasaukas *et al.*, 2000a).

La importancia de estos agentes parasitarios nos ha motivado para ofrecer una breve visión sobre la situación actual, avances y perspectivas en el diagnóstico y control de la trypanosomosis para un desarrollo sustentable.

SITUACIÓN ACTUAL DE LAS HEMOPARASITOSIS POR *Trypanosoma vivax* EN VENEZUELA

Trypanosomosis en bovinos doble propósito

Trypanosoma (*Duttonella*) *vivax* Ziemann (1905) es el agente causal de una de las más importantes formas de trypanosomosis en animales ungulados silvestres y domésticos: bovinos, búfalos, cabras, ovejas, camellos y ciervos de países tropicales y subtropicales de Asia, África y América, y está ampliamente distribuido en Venezuela. Muestra una prevalencia relativamente alta en zonas ganaderas bovinas doble propósito (DP), donde se ha requerido la aplicación de drogas curativas y preventivas, como únicos recursos disponibles en la lucha contra esta enfermedad. (Tamasaukas, 1995).

Los datos más actualizados, sobre la valoración de los anticuerpos para *T. vivax* por el método IFI en bovinos DP, arrojó una seroprevalencia relativa general promedio de 60% (56,9% en la época lluviosa y 45,7% en la seca) en fincas ubicadas en los Municipios Ortiz y Roscio del Guárico. En ambas épocas el número mayor de casos fue en hembras adultas, 37,1% del total de muestras positivas. El porcentaje de este grupo para época seca fue de 13,7% y 31,5% para época lluviosa y una seroprevalencia absoluta de 22%. Los machos adultos representaron 15,5% del total de muestras positivas, de éste el 35,7% fue en época seca y 49% en la lluviosa, con una seroprevalencia relativa por grupo de 9,8%. Con diferencias estadísticas significativas entre épocas ($P > 0,05$), pero sin diferencias significativas entre sexo y grupos etarios, estos datos coinciden con los reportados por otros autores venezolanos. (Tamasaukas *et al.*, 2002).

Tamasaukas *et al.* (2000a) reportaron similares resultados con valores de serorreos a *T. vivax* por IFI, de 25% y 50%, en época lluviosa, en bovinos DP de dos fincas ubicadas en el Municipio Santa Rita de Manapire del estado Guárico. En Venezuela, durante la última década se han venido detectando valores variables de 20,8% al 57,8% por exámenes serológicos e infecciones activas de 1% a 3,9% por exámenes parasitológicos directos (Bolívar *et al.*, 2006). En tanto que en Mérida se registra la detección de infecciones subclínicas o asintomáticas producidas por *T. vivax* en bovinos de fincas ganaderas DP localizadas entre el pie de monte andino y la depresión de la cuenca del Lago de Maracaibo, dado que las pruebas parasitológicas revelaron infecciones activas de 2,8%. (Bolívar *et al.*, 2006).

Trypanosomosis en búfalos

En búfalos (*Bubalis bubalis*), hay muy pocos reportes sobre esta afección parasitaria. Según Tamasaukas *et al.* (2006) la seroprevalencia relativa general promedio de la trypanosomosis por *T. vivax* en búfalos en fincas de Santa Rita de Manapire del Guárico, fue del 29,5% en las regiones nor-centro y sur del oriente del estado, con diferencias estadísticas significativas según la agroecología, ubicándose la mayor seroprevalencia en la unidad agroecológica (UA) E101 (85%). Sin diferencias estadísticas significativas entre los sexos y los grupos etarios ($P = 0,50$).

DIAGNÓSTICO DE TRYPANOSOMOSIS BOVINA EN VENEZUELA

Es importante disponer de un sistema de información agroecopidemiológico (SIAGEPI) que complemente los resultados obtenidos a través de cualquiera de los métodos o las técnicas de diagnóstico de laboratorio, dada la complejidad del ciclo de vida del *Trypanosoma vivax* americano. A diferencia del africano, aún se desconoce con exactitud su transmisión, y los factores que determinan su endemidad, estacionalidad y patogenicidad, las variaciones entre cepas de diferentes localidades y la presencia o no de animales trypanotolerantes y/o susceptibles (Tamasaukas *et al.*, 2006).

Métodos y/o Técnicas de diagnóstico para *T. vivax*

Los medios más comunes para detectar infecciones por *T. vivax* incluyen entre otros, métodos serológicos y parasitológicos. Estos últimos tienen el inconveniente de

la baja sensibilidad en la medida que la infección tiende a la cronicidad o la parasitemia se mantiene en bajos niveles. (Tamasaukas, 1995).

Los métodos serológicos como el ensayo inmunoenzimático (ELISA) y la inmunofluorescencia indirecta (IFI) parecieran ser los métodos que han proporcionado los mejores resultados. (Bolívar *et al.*, 2006; Espinoza, 1990; OIE, 2005; Otte *et al.*, 1994; Quispe *et al.*, 2003; Tamasaukas, 1992; 1995; Tamasaukas y González, 1994; Tamasaukas y Roa, 1991-1992; 1996; Tamasaukas *et al.*, 1998; 2000a; 2000b; 2002; 2006; Toro, 1990). Sin embargo, sus principales deficiencias son, no poder discriminar entre infecciones recientes y pasadas y no diferenciar entre reacciones cruzadas con otros patógenos con los que *T. vivax* comparte similitud antigénica como *Trypanosoma evansi* y *T. theileri*. Además hay inconvenientes en zonas donde el *T. evansi* también es endémico, y se atribuyan reacciones positivas por la presencia de *T. evansi* en ausencia de *T. vivax*. (Bolívar, *et al.*, 2006; Tamasaukas, 1995).

Los tres métodos diagnósticos más utilizados en la actualidad son: 1) Diagnóstico parasitológico directo mediante el empleo de microcapilar o técnica de Woo con su variante de la doble centrifugación, examen al fresco y frotis sanguíneo coloreado; 2) PCR, empleando los oligonucleótidos especie-específicos -TviSL1 y TviSL2- de secuencias 5' GCTCTCCAATCTTAACCTA3' y 5' GTTCCAGGCGTGCAAAAGTTC3', respectivamente, y 3) Western blot con proteínas citosólicas de las formas sanguíneas de *T. vivax*. ((Bolívar, *et al.*, 2006; Tamasaukas, 1995).

El material biológico para realizar la detección de infecciones por *T. vivax* en bovinos consiste de sangre completa con anticoagulante para las primeras y anticoagulada para la molecular (PCR) y suero como anticuerpo primario para la prueba de Western blot. Los parásitos circulantes por las técnicas de examen al fresco y frotis sanguíneo coloreados fueron reconocidos morfológicamente, revelando infecciones activas en 2,8%. (Bolívar, *et al.*, 2006), aunque para la PCR puede utilizarse diferentes muestras: sangre completa (con anticoagulante EDTA), sangre lisada, suero, capa blanca (buffy coat), centrifugado de plasma (culot), plasma y ADN purificado. (Desquesnes y Tresse, 1996).

Las técnicas de biología molecular, la PCR, ha permitido revelar infecciones en animales sintomáticos o asintomáticos sin parasitemia detectable y es de gran uso en la actualidad. (Dávila y Silva, 2000; De Almeida *et al.*, 1997; Reinferberg *et al.*, 1997; Diferentes secuencias de ADN y ARN se han diseñado a partir de aislados africanos y americanos a fin de obtener mayor sensibilidad y especificidad en el diagnóstico. Las infecciones subclínicas o asintomáticas detectadas por métodos parasitológicos fueron corroboradas por PCR en muestras de sangre de ambos animales. En este caso el producto de amplificación de PCR, reveló una banda de 210 pb correspondiente al fragmento amplificado de la región intergénica del gen SL de *T. vivax*. De manera similar, la detección de infección subclínica por *T. vivax* en bovinos fue confirmada con la utilización de una fracción proteica de membrana del parásito, la cual fue utilizada como antígeno en una reacción de Western blot donde el anticuerpo primario fue el suero de animales expuestos a la infección (Bolívar, *et al.*, 2006).

El método usado para la cuantificación de parásitos es una adaptación del método original de Brener (1962). Se coloca 5 μ l de sangre en un cubre objetos y con una laminilla cubreobjetos se presiona suavemente para permitir una distribución homogé-

nea de la muestra bajo la superficie del cubreobjetos. En el microscopio son observados 100 campos a 40X para determinar la cantidad de organismos presentes (**Oc**). La fórmula que permite la evaluación de la parasitemia es: $\text{Organismos/ml} = \text{Oc} \times \text{Fm} \times \text{Fd}$, donde **Oc** representa el número de organismos contados, **Fm** es el factor óptico del microscopio y **Fd** es el factor de dilución de la muestra. **Fm** es un valor constante que, por depender de las propiedades de fabricación de la óptica del instrumento utilizado, es diferente para cada microscopio. Para calcularlo, las magnitudes correspondientes a las áreas del cubreobjetos y de un campo microscópico (400X) se dividen. Considerando que el método original fue diseñado para 5mm³ y que en este caso se utilizaron 5 μ l, el valor proveniente del cociente de las áreas se divide entre 0,05 y para que el resultado final se exprese en ml, el cociente obtenido se divide entre 10. (Roshman-González, 2006).

CONTROL DE LA TRYPANOSOMOSIS BOVINA EN VENEZUELA

Una población mundial en vías de rápida urbanización exige a la agricultura una amplia variedad de atributos de calidad, no sólo en lo que respecta a los productos en sí, sino también a los métodos empleados para producirlos. En la actualidad, es necesaria la aplicación de la agrocoepidemiología de las enfermedades hemoparasitarias para la cabal comprensión de las mismas y el abordaje de los diferentes métodos y/o técnicas para su diagnóstico preciso y oportuno, así como para su control y prevención. (Tamasaukas *et al.*, 2000b).

Los moderados a altos niveles de infección que se encuentran en Venezuela pueden atribuirse a la existencia de condiciones que favorecen la presencia y difusión de esta parasitemia, tales como la pobre condición corporal de la mayoría de los animales muestreados, el tipo de manejo sanitario deficiente, donde por ejemplo, se emplea una misma aguja para el muestreo de diferentes animales, y por último, la imposibilidad del control de los insectos hematófagos, principales transmisores de la enfermedad. (Bolívar, *et al.*, 2006; Tamasaukas, 1995).

Según Foil (1989), los tabánidos (Diptera: Tabanidae) son considerados vectores mecánicos de más de 35 agentes patógenos que causan enfermedades en los animales. *T. vivax* se transmite mediante la picadura de tábanos. Dentro de estas enfermedades, la trypanosomosis ha sido señalada como una de las causantes de pérdidas económicas en la ganadería bovina por encontrarse ampliamente distribuida en Venezuela.

La estacionalidad (presencia en determinada época del año) y abundancia relativa (cantidad de ejemplares en relación al total de insectos colectados) de las especies de la familia Tabanidae capturadas en el sector Las Lajas, municipio Miranda del Guárico, determinaron que las especies *T. pungens* y *T. claripennis*, por ser las más abundantes, podrían probablemente estar involucradas en su transmisión. La alta frecuencia de captura de tabánidos a finales del período lluvioso así como su baja frecuencia en la época seca podría explicar la variación temporal de la seroprevalencia de *T. vivax* indicada por Tamasaukas y Roa (1992) en el Guárico. (Velásquez de Ríos, *et al.*, 2004).

En Colombia, país con el cual Venezuela mantiene relaciones comerciales ganaderas se ha reportado la presencia e importancia de la enfermedad desde 1982 (Otte *et*

al., 1994), confirmada recientemente por E. Benavides y O. Vizcaíno (comunicación personal, 2007) en una oleada de abortos en fincas del Magdalena Medio asociada a las infecciones con *T. vivax*, que concuerda con lo señalado por Gómez et al. (2007). Similar reporte de S. Rivera (comunicación personal, 2007) revela la infección aguda con brotes de abortos en la zona de Santa Bárbara del Zulia.

Un diagnóstico certero y oportuno es clave para instaurar medidas profilácticas y contener el avance de la enfermedad, en vista de la difícil ejecución de una campaña de control de vectores, pues entre otros datos, aún se desconocen cuáles intervienen en la transmisión (Velásquez de Ríos et al., 2004).

El desarrollo de las técnicas de ELISA, tanto la directa (Ag-ELISA) como la indirecta (Ac-ELISA) ha sido evaluado en varias partes del mundo, con el inconveniente de la variación en los resultados cuando se utilizan distintos protocolos en los diferentes países. Sin embargo, posee las ventajas de su alta sensibilidad y especificidad, valores predictivos confiables hasta en 100% que discriminan entre negativos y positivos y eliminan la subjetividad de la observación visual de la reacción al ser leída por un espectrofotómetro específico o lector de ELISA, el cual mide la adsorbancia del haz de luz que reacciona con un conjugado fluorescente. (Bolívar et al., 2006; Desquesnes, 1997; OIE, 2005; Aguilar et al., 1996).

La importancia del desarrollo de las técnicas de ELISA, radica en su especificidad, reforzada por la calidad de los antígenos y reactivos utilizados. Para la Ac-ELISA, uno de los requerimientos críticos reside en el procedimiento de identificación y selección del antígeno (*T. vivax*) a usar en la sensibilización de la placa; para ello, una herramienta biotecnológica que protege la producción de estos antígenos, es la técnica de PCR. (Tamasaukas, 1995; Uzcanga et al., 2002).

La certificación internacional de ELISA para el diagnóstico de la trypanosomosis bovina por *T. vivax*, le añade un valor agregado dada la ausencia en América de kits comerciales; los de origen africano están elaborados con cepas totalmente diferentes, tanto por su comportamiento antigénico como patogénico, siendo imprescindible el desarrollo regional de estos productos para el diagnóstico certero y oportuno (FAO, 1995; OIE, 2005).

Importancia de la Trypanotolerancia

La mayor frecuencia de animales positivos a *T. vivax* se encuentra en animales de razas importadas, principalmente Holstein, Pardo Suizo y otras de razas índicas. Esto puede atribuirse a que los cebuínos son animales altamente susceptibles y a la posterior pérdida de la condición de trypanotolerancia de los taurinos, por los continuos cruces con cebuínos, como ha sido evidenciado en los países africanos (Bissadou, 2002).

Gran parte de las razas del rebaño bovino del Oeste del África, tales como la N'Dama y Shorthorn son resistentes a la trypanosomosis transmitidas por la mosca tsé-tsé. El término acuñado de trypanotolerancia viene dado porque los animales son capaces de mantener los valores del hematocrito y controlar la tasa de crecimiento de la consecuente infección, que son considerados indicadores de esta condición, genética y hereditaria. (Bissadou, 2002).

Con esa idea, la determinación de la trypanotolerancia es una estrategia de importante desarrollo para rescatar de la extinción los genes que codifican esta condición, la cual se considera una de las medidas más promisorias para el control de esta enfermedad.

Este hecho coincide con la política del Estado venezolano de rescatar el ganado criollo autóctono, que responde a las inclemencias del trópico por lo tanto, una selección por trypanotolerancia, aunada con un sistema de buenas prácticas ganaderas, conducirían al incremento de un rebaño nacional con mayores probabilidades de sobrevivencia que animales importados.

La heredabilidad de este carácter de trypanotolerancia y la diversidad genética de las poblaciones bovinas ha sido bien estudiada en África, como se ha señalado en Bénin (Bissadou, 2002) destacando su caracterización fenotípica, por marcadores bioquímicos (hemoglobina, albúminas, transferrinas, grupos sanguíneos), así como el inicio de la utilización de marcadores moleculares (microsatélites y QTL's) en aquellos grupos previamente identificados y caracterizados como trypanotolerantes y/o trypanosusceptibles.

Para estudiar los mecanismos moleculares involucrados en el control de la proliferación y diferenciación de los trypanosomas, Murphy y Pellé (1997) reportan el uso de una técnica de PCR de expresión diferencial, la amplificación de secuencias expresadas diferencial y aleatoriamente (RADES: randomly amplified differentially expressed sequences) así como la PCR-RT (PCR en tiempo real) para la identificación rápida de genes de trypanosomas y de leishmanias. Este método es eficaz para utilizar muestras contaminadas con materiales del hospedador, siendo aplicable a todos los quinetoplastídeos y especialmente útil para el estudio de formas intra y extracelulares, en los cuales los procedimientos de purificación son tan extensos que alteran la expresión genética.

Por otra parte, el estudio de la traslocación 1/29 se ha descrito como una anomalía cromosómica ancestral, la cual ayuda a los fines de orientar la decisión de la eliminación del animal portador, dada su alta prevalencia de presentación (32,6% en cebuínos y algo más bajos de 16,8% en taurinos) (Bissadou, 2002). Esta traslocación se evidencia al determinar el cariotipo del animal y se relaciona en los machos con baja libido, alteraciones en las características espermáticas, reducción de la fertilidad, y en las hembras, con mortalidad o reabsorción embrionaria, efectos deletéreos que son constantes en machos y hembras, tanto homocigotos como heterocigotos (Bissadou, 2002).

La gran variabilidad observada en animales utilizados para los sistemas de producción DP en el llano venezolano implica responder ¿qué tipo de animal sería el más apropiado para las condiciones agroclimáticas particulares de cada región?. Para ello deben considerarse los segmentos de la población involucrados como los pequeños productores, sin posibilidades de hacer grandes inversiones en sus fincas ni de trabajar con animales de alta producción, que son muy exigentes en el uso de insumos costosos; los objetivos de un programa de selección deben dirigirse a mantener el equilibrio entre los caracteres de importancia económica actual y el ajuste de la población con el medio. Para restablecer el equilibrio se hace preciso mejorar el suministro de alimento, con recursos locales en el corto plazo; en el mediano, debe recurrirse a un potencial genético que pueda ser totalmente cubierto con el nivel alimentario y sani-

tario que caracteriza el sistema en la región llanera, a los fines de garantizar los atributos de sustentabilidad de los sistemas de producción. (Martínez-Castillo, 2006; Moli-nuevo y Balcarce, 2001).

La estrategia de control de la trypanosomosis basada en la selección de los bovi-nos por su tolerancia a los desafíos por *T. vivax*, es importante pues aunque no elimina la transmisión del parásito, disminuye considerablemente la prevalencia del mismo en zonas endémicas y los efectos patógenos de los parásitos. Esto es muy deseable, co-nocidas las implicaciones económicas de esta hemoparasitosis sobre la producción y productividad de los rebaños y el bajo costo de implementar esta estrategia biotecnol-ógica (Bissadou, 2002; McDermott y Coleman, 2001; van der Waaij *et al.*, 2003).

Con la caracterización biomolecular de las cepas de *T. vivax*, por ejemplo, con PCR, la determinación de la variabilidad patogénica y de epidemiología del parásito (Reinfenberg *et al.*, 1997; Tamasaukas, 1995), el estudio del polimorfismo genético de caracteres heredables (Ayala, 1984), la identificación y caracterización de marca-dores moleculares para trypanotolerancia (Bissadou, 2002; Dirie *et al.*, 1993; Mor-lais *et al.*, 2001; van der Waaij *et al.*, 2003; Ventura *et al.*, 2001) se avanzaría a pasos agigantados pues podrían establecerse los árboles filogénicos del *T. vivax* y derivar los kits de diagnóstico con las diversas cepas actuantes en cada ambiente, regionali-zadas y bien definidas, pues la adopción de métodos de estandarización y de control estadístico de los procesos, contribuyen a la generación de productos de calidad y es-tabilidad para su uso masivo.

De otra manera, se ha logrado evidenciar que, los parásitos responden a señales del hospedador para controlar su crecimiento y proliferación y a las cuales el parásito responde con otras señales para establecer y mantener la infección y causar la enfermedad en los animales trypanosusceptibles (Bisadou, 2002; van der Waaij *et al.*, 2003).

PERSPECTIVAS PARA EL ESTUDIO DE LA TRYPANOSOMOSIS BOVINA EN VENEZUELA

En cuanto al diagnóstico de la trypanosomosis, se ha determinado la importan-cia del sistema de información agroecopidemiológico (SIAGEPI) para comple-mentar los resultados obtenidos a través de cualquiera de los métodos o técnicas de diagnóstico de laboratorio, en vista de la complejidad del ciclo de vida del *T. vivax* americano, del cual, a diferencia del africano, aún se desconoce con exactitud su trans-misión y los factores que determinan su endemidad, estacionalidad y patogenicidad, con variaciones entre cepas de diferentes localidades y la presencia o no de ani-males trypanotolerantes y/o susceptibles (Tamasaukas, 1995; Reinfenberg *et al.*, 1997; Tamasaukas *et al.*, 2006).

Ante la carencia de una vacuna y las desventajas que presentan los métodos de control hasta ahora conocidos, las investigaciones buscan el control de la enfermedad, basados en tres aspectos: integración con el desarrollo rural, integración con las medi-das de control de otras enfermedades (brucelosis, leptospirosis, rabia, etc.) y con la in-tegración de varias medidas de control del vector, como el manejo integral de la trypa-nosomosis, con el aliciente de la identificación de animales trypanotolerantes y trypa-

nosusceptibles, criterios para el mejoramiento animal y programas de reproducción en las fincas afectadas.

Este concepto es de vital importancia, pues existe el riesgo de que los animales introducidos de otros países, puedan servir de reservorios de cepas del país de origen y dispersarlas o ser susceptibles en mayor grado a las cepas locales; esto se traduciría en peligros de expansión del parásito que ganaría nichos ecológicos para su mantenimiento, así como posibles brotes agudos de la enfermedad, a pesar de predominar la forma crónica.

Los métodos modernos en la lucha contra la trypanosomosis animal se encuentran enfocados en el mundo, hacia el manejo integrado de plagas, la quimioterapia y/o quimioprofilaxis con productos naturales y a la producción de animales trypanotolerantes. En cuanto a la trypanotolerancia, podemos entenderla como la capacidad relativa de un animal para controlar el desarrollo de los trypanosomas y limitar sus efectos patológicos, de los cuales el más evidente es la anemia; en vista que los procesos de control están guiados por mecanismos totalmente diferentes.

En cuanto al manejo integrado de plagas, además de la búsqueda de parasitoides u otro germen que logre controlar a los vectores (tábanos, stomoxys, garrapatas, etc.), así como el uso de sustancias con efecto insecticida de origen natural afectado por el alto grado de resistencia en el mundo hacia las drogas trypanocidas, insecticidas y acaricidas, abren la puerta hacia el estudio de las especies arbóreas y plantas medicinales que tengan efectos atractivos como trampas para la captura y eliminación de los artrópodos, al igual que al tratamiento curativo y preventivo de animales infectados con el parásito.

Los efectos de distintas plantas sobre la enfermedad ha sido señalado (Vitouley, 2005) destacando la *Cassia sieberiana*, *Khaya senegalensis*, *Bosnia senegalensis*, *Terminalia avicennioides*, *Adansonia digitata*, *Cissus populnea*, *Tamarindus indica*, *Lawsonia inermis*, *Boswellia dalzielii*, *Pseudocedrela kotschi*, *Syzygium quinensis*, *Sterculia setigera*, *Azelaia africana* y *Lancea kertsingii*. La descripción del grupo químico más evidente de los extractos de partes de las plantas, bien sea antracénocidos, saponósidos, cumarines, glicósidos esteroideos o cardiotónicos, polifenoles, taninos y compuestos reductores, en diferentes proporciones, ameritan un conocimiento de la dosificación adecuada como fitotrypanocidas.

Como país tropical Venezuela y algunos países africanos ubicados en la misma zona tórrida o tropical, comparten en gran forma la flora, por lo cual algunas de estas especies pueden existir en Venezuela, así como otras con potencial para el tratamiento fitotrypanocida, además de las referencias sobre la efectividad del Nim, comprobada en el país contra diversas parasitosis en rumiantes (Pietrosemoli *et al.*, 1999; 2002; Salazar y Pariacote, 2004).

Entre los avances en la investigación para el diagnóstico y control de la trypanosomosis, tenemos: la evaluación en campo de los estuches de ELISA (Ac-ELISA y Ag-ELISA) para el diagnóstico de la trypanosomosis bovina, la evaluación de estrategias biotecnológicas de genética molecular (marcadores moleculares para la identificación de microsátélites y QTL's en la determinación de la trypanotolerancia en animales DP) y la inclusión de vacas y toros mejoradores en el rebaño DP, resultantes de

la caracterización de los marcadores fenotípicos (hemáticos, clínicos, parasitológicos, bioquímicos, inmunoserológicos e identificación de tipo animal por caracteres zométricos).

CONCLUSIONES

Las hemoparasitosis en bovinos representan la tercera entidad nosológica de importancia económica en América, de allí la relevancia de su estudio y el desarrollo de investigaciones que coadyuven a su control.

La alta prevalencia de la tetralogía hemoparasitaria en infecciones agudas y sus implicaciones sobre los valores hematológicos en bovinos DP, de ambos sexos y diferentes edades en fincas del país, sobre todo en época lluviosa, confirman la importancia de la enfermedad hemotrópica, por sus repercusiones sobre la producción y la productividad de los rebaños, tanto directas (brotes agudos con anemia, deshidratación, anorexia, postración, pérdida de peso, abortos y muerte de los animales afectados) como indirectas (altos costos por tratamientos antiparasitarios, por asistencia médica veterinaria especializada, retraso en el crecimiento de los animales afectados que se recuperan de la enfermedad aguda, disminución de la producción láctea y cárnica, entre otras).

El carácter heredable de la trypanotolerancia permite la identificación de animales trypanotolerantes y su inclusión en los programas de mejoramiento animal y reproducción, como una de las mejores estrategias biotecnológicas para el desarrollo sustentable de la ganadería doble propósito, por su practicidad y confiabilidad para aumentar la producción animal, lechera y cárnica, más aún en sistemas de producción de bajo y mediano nivel tecnológico, ya que la trypanosomosis, por su condición de enfermedad crónica y recidivante, repercute continuamente sobre los índices de producción de los rebaños.

La ausencia de vacunas para prevenir la enfermedad, y conocidas las diferencias antigénicas y patogénicas de cepas del hemoparásito en cada región del continente, y hasta de cepas locales, nos señala que el camino inmediato para su control radica en el desarrollo y validación de kits para el diagnóstico poblacional de esta hemoparasitosis.

El conocimiento de la agroecoepidemiología de la tetralogía hemoparasitaria, así como un diagnóstico certero y oportuno son los puntos claves para la toma de decisiones en el control y prevención de estas afecciones.

LITERATURA CITADA

Aguilar, R, Silva, MS, Dávila, AMR. Proceedings of the first internet conference on Salivarian trypanosomes (FAO animal production and health paper 136). 1996. En: Tryplink-L discussion list 9-14 December 1996. Roberto Aguilar M.S. Silva Alberto M.R. Dávila (Eds.). [Consulta en Internet 31 de diciembre de 2007, disponible en: <http://www.fao.org/docrep/W5781E/W5781E00.htm>].

Ayala FJ. 1984. Molecular polymorphism: How much is there and why is there so much? *Developl Genetics* 4:379-391.

Bissadou K. 2002. Contribution à l'étude de la diversité génétique de populations bovines au Bénin. Mémoire présenté pour obtenir le diplôme d'ingénieur agronome zoote-

- chnicien. Ecole Superieure d' Agronomie. Université de Lome. CIRDES. Burkina-Faso, África. 110pp.
- Bolívar AM, García-Lugo P, Crisante G, Rojas A, Teixeira M, Añez N. 2006. Detección de infecciones subclínicas por *Trypanosoma vivax* en bovinos de fincas ganaderas de Mérida, Venezuela. Nota científica. Bol Malar Salud Amb XLVI (1):87-90.
- Dávila AM, Silva RA. 2000. Animal trypanosomiasis in South America. Current status, partnership, and information technology. Ann N Y Acad Sci. 916:199-212.
- De Almeida P, Ndao M, Van Meirvenne N, Geerts S. 1997. Diagnostic evaluation of PCR in goats experimentally infected with *Trypanosoma vivax*. Acta Tropica 66(1): 45-50
- Desquesnes M. 1997. Evaluation of simple PCR technique for the diagnosis of *Trypanosoma vivax* infection in the serum of cattle in comparison to parasitological techniques and antigen-enzyme-linked immunosorbent assay. Acta Trop 65: 139-148.
- Desquesnes, M, Trece, L. 1996. Evaluation de la sensibilité de la PCR pour la détection de l'ADN de *Trypanosoma vivax* selon divers modes de préparation des échantillons sanguins. Revue Elev. Méd. vét. Pays trop. 49 (4): 322-327.
- Dirie MF, Otte MJ, Thatthi R, Gardiner PR. 1993. Comparative studies of *Trypanosoma Duttonella vivax*. Parasitol. 106:21-29.
- Espinoza E. 1990. Técnicas de inmunofluorescencia indirecta (IFI) en el diagnóstico de la trypanosomosis bovina. En: Hemoparásitos: biología y diagnóstico. S Giardina, F García. (Eds.). Colección Cuadernos USB. Caracas, pp. 155-167.
- FAO. 1995. FAO strategy for international animal health. En: 50 Years - 50 Ans - 50 Años. World animal review - Revue mondiale de zootechnie - Revista mundial de zootecnia. D. Chupin, J. Daldin, T. Gumprecht, M. Criscuolo, G. Hoefnagels-Fraser, T. Fujita, Y. Cheneau, J. Phelan, A. W. Qureshi, K. Richmond, H. Steinfeld (Eds.). FAO. Rome, Italy.
- Foil L 1989. Tabanids as vector of disease agent. Parasitol Today. 5(3): 88-96.
- Gómez JE, Guzmán H, Urbina M. 2007. Aborto bovino causado por parásitos. [Consulta en Internet 31 de diciembre de 2007, disponible en: <http://200.93.142.66/revistas/revista%20354/sanidad.pdf>.]
- Martínez-Castillo R. 2006. Agroecología: atributos de sustentabilidad. Intersedes. III (5). [Disponible en Internet: http://www.intersedes.ucr.ac.cr/05-art_04.html]
- McDermott JJ, Coleman PG. 2001. Comparing apples and oranges—model-based assessment of different tsetse-transmitted trypanosomosis control strategies. Intern J Parasitol 315 (6):603-609.
- Molinuevo HA, Balcarce EEA. 2001. Selección de bovinos para sistemas de producción en pastoreo. [Consulta en Internet 31 de diciembre de 2007, disponible en: <http://www.portalveterinaria.com>].
- Morlais I, Ravel S, Grébaud P, Dumas V, Cuny G. 2001. New molecular marker for *Trypanosoma (Duttonella) vivax* identification. Acta Tropica 80(3):207-213.
- Murphy, NB, Pellé, R. 1997. Differential gene expression during the life cycle of trypanosomes. In: Proceedings of the first internet conference on Salivarian trypanosomes (FAO animal production and health paper 136). Tryplink-L discussion list 9-14 December 1996. Roberto Aguilar M.S. Silva Alberto M.R. Dávila (Eds.). (Internet). <Http://www.fao.org/docrep/W5781E/W5781E00.htm>
- Oficina Internacional de Epizootias (OIE). 2005. Validación y certificación de pruebas de diagnóstico. [Consulta 30 de diciembre de 2006, Disponible en: <http://>

- www.oie.int/vcda/esp/es_background_vcda.htm, http://www.oie.int/esp/normes/manual/A_00066.htm.
- Otte M, Abuabara J, Wells E. 1994. *Trypanosoma vivax* in Colombia: Epidemiology and Production losses. *Trop Anim Hlth Prod* 26:146-156.
- Pietrosemoli, S; Olavez, R, Montilla, T. 1999. Empleo de hojas de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) en control de nemátodos gastrointestinales de bovinos a pastoreo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 16 (Supl.1): 220 - 225.
- Pietrosemoli, S; Olavez, R, Plaza, C, Valer, Z . 2002. Coccidiosis (*Eimeria sp*) control in grazing calves using aqueous extract of neen (*Azadirachta indica* A. Juss) seeds. *J. Dairy Science*. 85 (Suppl. 1): 389.
- Quispe A, P, Chávez V, A, Casas A, E, Trigueros V, A, Suárez A, F. 2003. Prevalencia de *Trypanosoma vivax* en bovinos de cuatro distritos de la provincia de Coronel Portillo, Ucayali. *Rev. Investig.14* (2): 161-165.
- Reifenberg JM, Solano P, Cuisance D, Duvallet G. 1997. Contribution of the PCR technique for a better understanding of the epidemiology of animal trypanosomosis in West Africa. In: Proc first intern Conf on Salivarian trypanosomes (FAO animal production and health paper 136). Tryplink-L discussion list 9-14 December 1996.
- Rivera M. 1996. Hemoparasitosis bovinas. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela. Caracas. Ediciones Arauco. pp237.
- Roschman-González. 2006. Técnicas directas para el diagnóstico de hemoparásitos. In: Manual de Laboratorio. [on line, consulta el 30 de diciembre de 2007: <http://www.reddehemoparasitos.org/Cursos/Zaraza/ManualLaboratorio.pdf>]. I Curso Teórico-Práctico "Técnicas de Diagnóstico Aplicadas a Hemoparásitos de Interés Veterinario". UNERG, Zaraza, estado Guárico. 02 al 05 de octubre de 2006.
- Salazar; E, Pariacote, FA. 2004. Control parasitario en caprinos usando extracto acuoso de semillas de Nim (*Azadirachta indica a juss*). *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 12 (4), Suppl. 1, Diciembre, 2004):82-85.
- Tamasaukas R, Roa N, 1991-1992. Epidemiología básica agroecológica de la trypanosomiasis bovina por *T. vivax* en el estado Guárico, Venezuela. *Rev. Fac. Cs. Vets. UCV*. 38 (1-8):143-165.
- Tamasaukas R. 1992. Seroprevalencia de la trypanosomosis bovina en fincas del estado Guárico, Venezuela. Trabajo de Ascenso Categoría Asociado. Universidad Rómulo Gallegos. San Juan de los Morros, Guárico, Venezuela. 167 pp.
- Tamasaukas R, González A. 1994. Seroprevalencia de la trypanosomosis (*Trypanosoma vivax*) en fincas del Municipio Ortíz, estado Guárico, Venezuela. (Resultados preliminares). In: VIII Congreso Venezolano de Zootecnia. (16-19 Noviembre, 1994; San Juan de los Morros, Guárico, Venezuela): S011.
- Tamasaukas R. 1995. Estudio General de la Trypanosomiasis Bovina. Universidad Nac. Exp. Rómulo Gallegos, San Juan de los Morros, Estado Guárico, Venezuela, Trabajo de Ascenso a la Categoría de Profesora Titular en el Escalafón Universitario. 342pp.
- Tamasaukas R, Roa N. 1996. Trypanosomiasis bovina por *T. vivax*: una revisión. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Serie D. Maracay. Venezuela. 63 pp.
- Tamasaukas R, Roa N, Ruiz H, Rodríguez I, Baldizán A, Aso PM. 1998. Valores hematológicos en infecciones naturales con *Trypanosoma vivax* en fincas bovinas del Estado Guárico, Venezuela. *Act. Cient. Ven*. 49 (Supl. 2):336.

- Tamasaukas R, Aguirre A, Ron J, Roa N, Cobo M. 2000a. Tetralogía hemoparasitaria en algunas fincas bovinas del municipio Santa Rita, estado Guárico, Venezuela. *Rev Fac Ciencias Veterinarias*. UCV 41(4):101-108.
- Tamasaukas R, Ruiz H, Aguirre A, Ro, N, Cobo M, Aso PM. 2000b. Agriecoepidemiology of Trypanosomosis due *Trypanosoma vivax* in Ruminants of Some Farms Located in Venezuela: Technical Note. *Revista Científica FCV-LUZ X* (6): 453-457.
- Tamasaukas R, Purroy R, Rodríguez H, Ruiz H, Roa N, Labrador C. 2002. Seroprevalencia de trypanosomosis y brucelosis bovina en fincas integradas a la producción de maíz, de la zona alta de los municipios Roscio y Ortiz, estado Guárico, Venezuela. *Rev. Cient.* 12 (2):630-634.
- Tamasaukas R, Roa N, Cobo M. 2006. Trypanosomosis por *Trypanosoma vivax* en búfalos (*Bubalis bubalis*), en dos fincas del estado Guárico, Venezuela. *Rev. Cient.* 16(6):575-578.
- Toro M. 1990. Seroepidemiología de las hemoparasitosis en Venezuela. En: Hemoparásitos: biología y diagnóstico. S Giardina, F. García (Eds.). Colección Cuadernos USB. Caracas, Venezuela.: 32-449.
- Uzcanga G, Mendoza M, Aso PM, Bubis J. 2002. Purification of a 64 kDa antigen from *Trypanosoma evansi* that exhibits cross-reactivity with *Trypanosoma vivax*. *Parasitology*, 124 (3): 287-299.
- van der Waaij EH, Hanotte O, van Arendonk JAM, Kemp SJ, Kennedy D, Gibson JP, Teale A. 2003. Population parameters for traits defining trypanotolerance in an F2 cross of N'Dama and Boran cattle. *Livest Prod Sci* 84 (3) :219-230
- Ventura R, Paiva F; Silva RAMS, Takeda G, Buck G, Teixeira M. 2001. *Trypanosoma vivax*: Characterization of the spliced-leader gene of a brazilian stock and species-specific detection by PCR amplification of an intergenic spacer sequence. *Exp. Parasitol.* 99: 37-48.
- Velásquez de Ríos M Tiapé Gómez Z, Gorayeb I, Tamasaukas R. 2004. Abundancia estacional de tabánidos (Diptera: Tabanidae) en el sector Las Lajas, Municipio Miranda, estado Guárico, Venezuela. *Entomotropica* 19(3): 149-152
- Vitouley SH. 2005. Étude du potentiel trypanocide d'extraits aqueux de plantes médicinales pour le traitement de la trypanosomose animale africaine. These présentée pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire. Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Dakar, Africa.: 96pp.