

Prevalencia y factores de riesgo asociados a la infección por *Cryptosporidium spp.* en beceras lactantes en Aguascalientes, México

Dolores García Romo^a
Carlos Cruz Vázquez^{b*}
Teódulo Quezada Tristán^c
Enrique Silva Peña^d
Arturo Valdivia Flores^c
Sonia Vázquez Flores^e
Miguel Ramos Parra^b

^a Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 205, Manuel de Velasco No. 601, Colonia Solidaridad, 20400, Rincón de Romos, Aguascalientes, México.

^b División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, Km. 18 carretera Aguascalientes a San Luis Potosí, 20330, El Llano, Aguascalientes, México.

^c Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, 20231, Aguascalientes, México.

^d Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Colima, Km. 40 carretera Colima a Manzanillo, 28100, Tecomán, Colima, México.

^e Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Querétaro, E. González 500, Fracc. San Pablo, 76130, Querétaro, México.

*Autor para correspondencia:
Tel: + 52 55 4499161251 ext. 116

Correo electrónico: cruva18@yahoo.com.mx

Recibido: 2014-03-26
Aceptado: 2014-09-17
Publicado: 2014-09-29

Información y declaraciones adicionales en la página 9

© Derechos de autor:
Dolores García Romo et al. 2014



Distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC-BY 4.0)

Resumen

El objetivo fue identificar la prevalencia y algunos factores de riesgo asociados a la infección por *Cryptosporidium spp.* en becerras lactantes mantenidas en confinamiento en tres establos lecheros de Aguascalientes, México. Durante 12 meses se recolectaron 1658 muestras fecales de becerras de 0 a 28 días de edad, que se procesaron mediante frotis fecal teñido con Kinyoun para identificar la presencia de ooquistas del parásito. Se aplicó una encuesta para identificar diferentes características de manejo en los establos y se desarrolló el análisis de riesgos mediante regresión logística. La prevalencia general a la infección por *Cryptosporidium spp.* fue de 40%. El grupo de becerras de 8 a 14 días de edad presentó la prevalencia a la infección más elevada (81%), mientras que la más baja (21%) se observó en el grupo de 22 a 28 días de edad. Se identificaron como factores de riesgo a la infección por *Cryptosporidium spp.*, al grupo de 8 a 14 días de edad ($OR = 2.5$; 95% CI 1.9 - 3.2, $p < 0.000$); el uso de cama de aserrín ($OR = 1.8$; 95% CI 1.1 - 2.8, $p < 0.011$); el recipiente de plástico de donde beben leche las becerras ($OR = 1.4$; 95% CI 1.1 - 1.7, $p < 0.000$); el bajo nivel de inmunoglobulinas ($OR = 1.8$; 95% CI 1.1 - 2.9, $p < 0.009$), y la atención de partos por parte de personal no especializado (velador: $OR = 2.5$; 95% CI 1.6 - 3.9, $p < 0.000$; trabajador del área de recría: $OR = 1.7$; 95% CI 1.2 - 2.5, $p < 0.001$).

Palabras clave: *Cryptosporidium spp.*; Ganado lechero; Becerros lactantes; Prevalencia; Factores de riesgo.

Introducción

Cryptosporidium spp. son parásitos protozoarios causantes de infecciones gastrointestinales en una amplia variedad de huéspedes vertebrados, incluidos animales domésticos y silvestres así como los humanos (Ramírez et al., 2004; Cacciò y Pozio, 2006; Ng et al., 2012). En el ganado bovino se han reconocido al menos cuatro especies, que incluyen a *C. parvum*, *C. andersoni*, *C. bovis* y *C. ryanae*. La primera de ellas es la más frecuente en animales lactantes, mientras que las otras son más comunes en animales destetados y adultos (Lindsay et al., 2000;

Fayer *et al.*, 2005, 2007, 2008). La criptosporidiosis es especialmente importante en animales lactantes menores de 30 días de edad, en quienes se manifiesta, por lo general, con diarrea abundante, fiebre, anorexia, pérdida de peso, desequilibrio electrolítico y, en ocasiones, con la muerte (Ramírez *et al.*, 2004; Cacciò y Pozio, 2006). El grupo de mayor riesgo para contraer la infección es el de los becerros de 8 a 14 días de edad (Castro-Hermida *et al.*, 2002a; Santín *et al.*, 2004; Feitosa *et al.*, 2004; Trotz- Williams *et al.*, 2005), ya que al aumentar la edad de los animales, la prevalencia y la intensidad de la parasitosis tienden a disminuir (Castro-Hermida *et al.*, 2002b; Ortolani y Soares, 2003; Starkey *et al.*, 2006; Castro-Hermida *et al.*, 2006; Bhat *et al.*, 2013). Sin embargo, la infección es poco común en animales menores de cuatro días (Uga *et al.*, 2000).

Los animales infectados con *Cryptosporidium* spp. pueden excretar por las heces un elevado número de ooquistes, los cuales se diseminan fácilmente en el medio, de tal forma que diferentes factores de manejo han sido asociados a la infección por *Cryptosporidium* spp. Sería importante que estos factores se consideraran en programas de prevención de esta parasitosis, pues no se conocen tratamientos farmacológicos efectivos (Cacciò y Pozio, 2006). Sin embargo, algunos de estos factores varían según la región y los sistemas de producción, mientras que otros pueden estar presentes en cualquier estable. Entre los factores que se citan con mayor frecuencia se encuentran la edad, áreas de partos múltiples, la escasa frecuencia de aseo en las instalaciones, el material o tipo de cama, el uso de agua contaminada para consumo del ganado, el sistema de producción tecnificado, los corrales con piso de arena y la época de lluvias, entre otros (Maldonado *et al.*, 1998; De la Fuente *et al.*, 1999; Mohammed *et al.*, 1999; Castro-Hermida *et al.*, 2002b; Trotz- Williams *et al.*, 2007; Brook *et al.*, 2008; Almeida *et al.*, 2010; Muñoz *et al.*, 2011; Silverlås y Blanco-Penedo, 2013; Bhat *et al.*, 2013).

En México, se ha reportado la criptosporidiosis bovina en diversas regiones ganaderas (Maldonado *et al.*, 1998; Castillo *et al.*, 2009; Castelan-Hernández *et al.*, 2011; Cano-Romero *et al.*, 2011), y aún quedan numerosos tópicos por investigar acerca de su epidemiología en los diferentes sistemas de producción.

El objetivo fue identificar la prevalencia y algunos factores de riesgo asociados a la infección por *Cryptosporidium* spp. en becerras lactantes mantenidas en confinamiento en tres establos lecheros de Aguascalientes, México.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

Este análisis se llevó a cabo en el estado de Aguascalientes, localizado en la región centro-norte de México, a una altitud promedio de 1885 msnm. Este estado cuenta con una temperatura media anual de 16°C y una precipitación pluvial promedio de 475 mm al año, principalmente en el verano.

Establos

Por conveniencia se seleccionaron 3 establos, dos de ellos localizados al centro y norte del municipio de Pabellón de Arteaga, y otro al oriente del municipio de Rincón de Romos. En los 3 se contaba con ganado Holstein. Cada establo tenía un

área de recría de beceras y realizaban prácticas de manejo y alimentación similares; asimismo, en los 3 las beceras lactantes se mantenían alojadas en salas de crianza con piso de concreto.

Muestreo

Se visitaron los establos cada 2 semanas durante un año para colectar una muestra fecal directamente del recto de todas las beceras entre 0 y 28 días de edad presentes el día de la visita, sin considerar si tenían diarrea. Cada muestra se identificó individualmente con la fecha de nacimiento. Ningún animal se incluyó dos veces en el estudio.

Adicionalmente, se recolectaron muestras de sangre por venopunción con equipo vacutainer nuevo en las beceras de 1 a 7 días de edad. Todas las muestras se mantuvieron en refrigeración para su traslado. En el laboratorio, se centrifugaron a 2500 rpm durante 15 minutos para obtener el suero, el cual se depositó en viales de polipropileno y se conservó a -20°C hasta su uso. Debido a las características del estudio, no se requirió de la aprobación del Comité de Uso y Cuidado de Animales.

Con la finalidad de conocer la distribución de la parasitosis en la población estudiada, ésta última se clasificó en cuatro grupos: 0 a 7, 8 a 14, 15 a 21 y 22 a 28 días de edad.

Diagnóstico coprológico

Las muestras fecales se procesaron mediante frotis fecal teñido con Kinyoun para identificar la presencia de ooquistes del parásito. Por cada muestra se elaboró una laminilla con 6 frotis, que después de teñirse se observaron al microscopio. Para minimizar las lecturas de falsos positivos, se consideró una muestra como positiva cuando, después de examinar por completo los 6 frotis, se hubieran observado > 5 ooquistes (Castillo *et al.*, 2009).

Determinación de la cantidad total de inmunoglobulinas en suero

Para establecer la cantidad de inmunoglobulinas transferidas por el calostro a las beceras dentro de los primeros 7 días de vida, se utilizó la prueba de turbidez con sulfato de zinc. El número de unidades de turbidez del sulfato de zinc (UTSZ) corresponde a los miligramos de inmunoglobulinas totales por mililitro de suero, de manera que valores menores de 10 UTSZ indican una falla en la transferencia pasiva de anticuerpos de la madre a la cría; un rango de 10 a 20 representa un nivel aceptable, pero insuficiente, y más de 20 se considera como el nivel mínimo necesario para lograr una lactación exitosa en el neonato (Martínez y Ortega, 2011).

Encuesta

Para determinar los factores de riesgo hipotéticos asociados a la infección por *Cryptosporidium* spp., se usaron los datos obtenidos de una encuesta aplicada a los responsables de las áreas de crianza en los establos bajo estudio. Esta encuesta incluyó preguntas acerca de las características de manejo e instalaciones. Con los factores de riesgo hipotéticos se formaron 5 grupos, cada uno integrado con diferentes variables y sus respectivas categorías, los cuales se utilizaron como base para el análisis de riesgos ([Cuadro 1](#)).

Cuadro 1. Prevalencia de la infección por *Cryptosporidium* spp. para las diferentes categorías en cada variable y grupo de características bajo estudio.

Variable	Categorías	n	Positivas	Prevalencia (%)
Grupo de características individuales de las becerras y sus madres				
Edad	0 a 7 días 8 a 14 días 15 a 21 días 22 a 28 días	506 399 408 345	107 324 164 74	33.5 81.2 40.1 21.4
Tipo de heces	Normales Diarreicas Semilíquidas	1362 246 50	501 144 24	36.7 58.5 48.0
Tipo de parto	Distóxico Normal No determinado	284 1324 50	108 541 20	38.0 40.8 40.0
No. de parto	1º a 4º 5º ó más	1509 149	604 65	40.0 43.6
Grupo de características del manejo en el nacimiento y lactancia				
Persona que atiende el nacimiento de la cría	El velador El trabajador del área de recría El técnico de guardia	395 512 751	145 219 266	36.7 42.7 35.4
Tipo de calostro consumido por las crías	Fresco Refrigerado No determinado	1328 282 48	553 12 104	41.6 36.8 25.0
Tratamiento anti- diarreico	Sin tratamiento Con tratamiento No especificado	608 169 881	257 79 333	42.2 46.7 37.7
Vacuna contra enfermedades diarreicas	No vacuna Sí vacuna	751 907	266 403	35.4 44.4
Nivel de inmunoglobulinas	Aceptable Medio Bajo	12 113 202	0 21 42	0.0 18.5 20.7
Grupo de características sobre la higiene de equipo e instalaciones				
Type e higiene de la cama y/o piso del alojamiento	De aserrín con cambio cada 5 días De caucho con retiro de excremento a diario y lavado semanal Sin cama, piso tipo reja con retiro de excremento a diario	287 108 1263	145 39 485	50.5 36.1 38.4
Lavado y desinfección del alojamiento individual	Al desalojar, se lava y se aplica cal Al desalojar se lava con sales cuaternarias de amonio Al desalojar se lava con cloro	395 512 751	184 219 266	46.5 42.7 35.4
Frecuencia y forma de lavado del recipiente para tomar leche o sustituto de leche	A diario con agua más detergente A diario con agua y jabón yodado A diario con agua. Con jabón yodado cada tercer día	395 512 751	184 219 266	46.5 42.7 35.4

Cuadro 1. Continuación

Variable	Categorías	n	Positivas	Prevalencia (%)
Lavado de biberones para suministro de calostro	Enjuague después de su uso entre cada cría	1573	642	40.8
	Con jabón más iodo después de su uso entre cada cría	85	27	31.7
Frecuencia y forma de lavado del piso de la sala de crianza	Semanal con agua	395	184	46.5
	A diario con agua	427	192	44.9
	A diario con jabón yodado	836	293	35.0
Grupo de características sobre el tipo de equipo e instalaciones				
Tipo de sala de crianza	Cerrada	1037	395	38.0
	Semicerrada	395	184	46.5
	Abierta	226	90	39.8
Alojamiento individual	Corraleta	395	184	46.5
	Metálica elevada	1263	485	38.4
Tipo de recipiente para tomar leche o sustituto de leche	Plástico	907	403	44.4
	Lámina galvanizada	226	90	39.8
	Los dos anteriores	525	176	33.5
Grupo de características de la operación y administración del establecimiento				
Tamaño del hato	≤1000 cabezas	395	184	46.5
	> 1000 cabezas	1263	485	38.4
Otras especies animales en el establecimiento	No hay	1057	413	39.0
	Sí hay	601	256	42.5
Edad de los operarios del área de recría	≤ 20 años	226	90	39.8
	De 21 a 30 años	920	360	39.1
	> 31 años	512	219	42.7
Incentivos a los operarios	No otorgan	907	403	44.4
	Sí otorgan	751	266	35.4
Origen del ganado reproductor	Mismo establecimiento	751	266	35.4
	Mismo estado	512	219	42.7
	Extranjero	395	184	46.5

Análisis estadístico

Se estimó la prevalencia general de la parasitosis para cada grupo de edad, así como para cada variable y categoría de los factores de riesgo hipotéticos. Para establecer el riesgo de infección por *Cryptosporidium* spp., se desarrolló un análisis de regresión logística (Hosmer *et al.*, 2013), en donde la variable dependiente fue el estado de infección parasitario. La selección de las variables independientes se llevó a cabo por el método *backward step by step*; por ello, según la estadística en la prueba de Chi², se excluyeron las variables no significativas ($p < 0.05$). Los Odds Ratio (OR) se estimaron para las variables independientes que mostraron significancia estadística en el análisis multivariado ($p < 0.05$). El análisis se desarrolló con el programa Statistics Data Analysis (STATA) v. 9.1.

Resultados y discusión

La prevalencia general a la infección por *Cryptosporidium* spp. en la población bajo estudio fue de 40% (669/1658). El Cuadro 1 muestra la prevalencia para cada categoría con las diferentes variables.

Cuadro 2. Factores de riesgo a la infección por *Cryptosporidium* spp. identificados en tres establos lecheros de Aguascalientes, México.

Variable	Categoría	OR	Intervalo de confianza (95%)	Valor de p*
Edad	Grupo de beceras de 8 a 14 días de edad	15.2	11.2 - 20.6	0.000
	Grupo de beceras de 15 a 21 días de edad	2.5	1.9 - 3.2	0.000
Persona que atiende el nacimiento de la cría	El velador	2.5	1.6 - 3.9	0.000
	El trabajador del área de recría	1.7	1.2 - 2.5	0.001
Nivel de inmunoglobulinas en las becerras	Nivel bajo	1.85	1.1 - 2.9	0.009
Tipo e higiene de la cama y/o piso del alojamiento	Cama de aserrín con reemplazo cada 5 días	1.8	1.1 - 2.8	0.011
Tipo de recipiente para tomar leche o sustituto de leche	De plástico	1.4	1.1 - 1.7	0.000

El análisis de riesgos permitió identificar 5 variables como factores de riesgo a la infección por *Cryptosporidium* spp. La variable "edad de las becerras" fue la más importante, en especial en el grupo de 8 a 14 días de nacidas (OR = 15.2; 95% CI 11.2 - 20.6; p < 0.000), seguido por el grupo de beceras de 15 a 21 días de edad (OR = 2.5; 95% CI 1.9 - 3.2, p < 0.000). Las otras variables identificadas como factores de riesgo fueron: la persona que atiende el nacimiento de la cría, el nivel de inmunoglobulinas, el tipo e higiene de la cama o piso del alojamiento y el tipo de recipiente para tomar leche o sustituto de leche. En el Cuadro 2 se observan las categorías identificadas como factores de riesgo. Ninguna de las variables relacionadas con la operación y administración de los establos mostró ser factor de riesgo. En la variable "persona que atiende el nacimiento de la cría", al técnico de guardia se le reconoció como un factor de protección (OR = 0.73; 95% CI 0.5828 - 9237, p < 0.008).

En este estudio, la prevalencia general de la infección por *Cryptosporidium* spp. en becerras lactantes (≤ 28 días de edad) fue de 40%, mientras que en una investigación desarrollada en el mismo Estado, que incluyó animales de 8 a 14 días de edad, se encontró 75% de prevalencia (Castillo *et al.*, 2009). La amplia presencia del parásito en los establos lecheros de Aguascalientes es evidente. Una situación parecida se ha observado en la región central de México (Hidalgo, Jalisco y Estado de México), así como en el estado de Veracruz, en donde otros autores han reportado prevalencias generales de 25, 35.7 y 73.6%, respectivamente, y encontraron animales positivos en al menos 90% de las unidades de producción estudiadas (Maldonado *et al.*, 1998; Castelan-Hernández *et al.*, 2011; Cano-Romero *et al.*, 2011). Sin embargo, en México las implicaciones en la salud pública a causa de la transmisión zoonótica son inciertas, debido a que existen sólo algunos trabajos sobre la criptosporidiosis en humanos (Valenzuela *et al.*, 2014).

Diversas investigaciones sobre la prevalencia de la criptosporidiosis en becerras lactantes se han desarrollado en regiones ganaderas de otros países, donde se han utilizado diferentes técnicas de diagnóstico, con resultados muy variados, cuyo rango de prevalencia varía entre el 17% y el 47.9% (Lefay *et al.*, 2000; Castro-Hermida *et al.*, 2002a; Joachim *et al.*, 2003; Ortolani y Soares, 2003; Santín *et al.*, 2004;

Kváč *et al.*, 2006; Brook *et al.*, 2008; Bhat *et al.*, 2013), lo cual denota la amplia distribución geográfica y elevada frecuencia de este parásito.

La infección por *Cryptosporidium* spp. en el ganado lechero es más frecuente y de mayor importancia en las becerras lactantes; además, la magnitud de la enfermedad se ve influida por diversos factores como la edad y el estado inmunológico de las becerras, así como por el clima y otros factores relacionados con el manejo durante la crianza. Por consiguiente, la epidemiología de esta parasitosis muestra características particulares en cada unidad y sistema de producción (Fayer *et al.*, 2000).

Las becerras del grupo de 8 a 14 días de edad tuvieron una prevalencia de 81%, la más alta de los cuatro grupos aquí tratados. Este resultado es similar al reportado previamente en Aguascalientes, en el que el mismo grupo de edad tuvo 75% de tasa de infección (Castillo *et al.*, 2009). En los otros 3 grupos, la prevalencia del parásito estuvo en un rango de 21 a 40%. En México, se ha encontrado una mayor prevalencia en becerras menores de 4 meses de edad (Cano-Romero *et al.*, 2011; Castelan-Hernández *et al.*, 2011). Y se observa una mayor excreción de ooquistes entre los días 15 y 19 después del nacimiento (Maldonado *et al.*, 1998). Así, la prevalencia en becerras lactantes de acuerdo a la edad es variable; sin embargo, el grupo más afectado es el de los 8 a 15 días de edad (De la Fuente *et al.*, 1999; Ortolani y Soares 2003; Santín *et al.*, 2004, 2008; Feitosa *et al.*, 2004; Avendaño *et al.*, 2010). Esto coincide con el hecho de que en este estudio, el grupo de 8 a 14 días de edad se identificó como el mayor importancia respecto al factor de riesgo por infección de *Cryptosporidium* spp. ($OR = 15.2$), seguido por el de 15 a 21 días de edad ($OR = 2.5$). Otros autores han encontrado resultados similares (Maldonado *et al.*, 1998; De la Fuente *et al.*, 1999; Santín *et al.*, 2004; Trotz - Williams *et al.*, 2007; Brook *et al.*, 2008), lo que indica que el rango de edad de 8 a 21 días es el de mayor riesgo a la infección y a la excreción de ooquistes del parásito; al incrementarse la edad disminuye el riesgo (Maldonado *et al.*, 1998; Santín *et al.*, 2004, 2008), como también se observa en este análisis.

Entonces, se infiere que la contaminación por *Cryptosporidium* spp. se realiza después de que las becerras entran en contacto con otros animales, con el alimento iniciador y con el agua para beber. Como señalan Maldonado *et al.* (1998), el alimento iniciador, que roedores o aves contaminan, actúa como fómito y lo convierte en factor de riesgo; asimismo, el agua para beber se ha identificado como un riesgo debido a la contaminación de los ductos del líquido (Sischo *et al.*, 2000) o del recipiente de bebida (Almeida *et al.*, 2010). La edad debe considerarse como un indicador de riesgo por tratarse de un rasgo individual (Silva Ayçaguer, 2005).

La variable "persona que atiende los nacimientos de las crías" se registra como factor de riesgo cuando el velador o el trabajador del área de recría atiende los nacimientos. En los casos donde el técnico de guardia ($OR = 0.73$) se encarga de los partos, esta variable no es un factor de riesgo y contribuye con la protección, porque el trabajo principal del técnico de guardia es precisamente la atención de los nacimientos por las noches y días festivos. De igual forma, cuando en las mismas condiciones, el trabajador del área o el personal de vigilancia se ocupa de los partos, se deduce que la atención no es la adecuada, ya que, además de atender un nacimiento, se les asignan otras actividades. En la literatura no se encontró información sobre este tópico.

En cuanto al tipo e higiene de la cama y del piso del alojamiento: la cama de aserrín, que se cambia cada 5 días, se determinó como factor de riesgo ($OR = 1.80$),

debido a las características físicas del material, pues en él se acumula humedad y excremento, lo que constituye un medio ideal para que los ooquistes del parásito sobrevivan y contaminen el material. En contraste, Maldonado *et al.* (1998) y Mohammed *et al.* (1999) no encontraron relación significativa entre la parasitosis y la cama de desechos de madera. En este contexto, parece ser que independientemente del tipo de cama, influye más la frecuencia de aseo, puesto que dejar por grandes espacios de tiempo las heces, favorece el desarrollo del parásito y las posibilidades de que la becerra o sus alimentos tengan contacto con el material contaminado. De igual forma, los alojamientos con suelo de rejilla y corrales con cama de arena también se han mostrado como factores de riesgo (Muhid *et al.*, 2011). En ambos casos, la presencia de desechos de materia fecal, como ocurrió en esta exploración, representan una fuente de contaminación de ooquistes.

Con referencia al tipo de recipiente utilizado para suministrar a las beceras leche o sustituto de leche, se encontró que el material plástico es un factor de riesgo ($OR = 1.4$), lo que más bien podría estar relacionado con su lavado deficiente, porque el material plástico se puede salpicar con heces diarreicas probablemente contaminadas con el parásito y entonces las beceras se infectarán al lamer los recipientes. Esto es factible, pues aunque los alojamientos para beceras en los establos de estudio son individuales, no ofrecen un total aislamiento, por lo que las beceras pueden lamer los recipientes de los alojamientos vecinos en cualquier momento. A este respecto, Almeida *et al.* (2010) reportan una asociación significativa entre la bandeja de suministro de agua y el riesgo a la infección por *C. parvum*; los investigadores mencionan que, cuando el líquido se contamina con materia fecal se convierte en un importante reservorio de los ooquistes del protozoario. Sin embargo, Maldonado *et al.* (1998) argumentaron que ningún tipo de recipiente o biberón son riesgo de infección por *Cryptosporidium*.

La prevalencia a la infección fue más alta en animales que se vacunaron contra enfermedades diarreicas. Trotz-Williams *et al.* (2008) encontraron un resultado similar tanto en vacas como en becerras que habían recibido tal profilaxis. De esta forma, la vacunación se percibe como un factor de riesgo para la infección por *Cryptosporidium*. Sin embargo, Trotz-Williams *et al.* (2008) argumentan que la vacunación no es un factor de riesgo porque las vacunas comercializadas para prevenir la diarrea en las beceras, y que no son efectivas contra la infección por *Cryptosporidium*, no tienen un efecto conocido en el riesgo de criptosporidiosis. La vacunación es, más bien, una medida adoptada en respuesta a una alta frecuencia de diarreas en las beceras.

El análisis del nivel de inmunoglobulinas como factor de riesgo se realizó fuera del modelo general, debido a que la prueba se desarrolló sólo en becerras de 1 a 7 días de edad. De esas becerras, 61.7% presentó un nivel insuficiente de inmunoglobulinas, por lo que esto se consideró un factor de riesgo ($OR = 1.85$). No fue posible establecer la relación entre el nivel de inmunoglobulinas de las beceras y el número de parto de la madre, a pesar de que existen evidencias de que el número de partos influye en la concentración de inmunoglobulina G en el calostro (Kehoe *et al.*, 2011). Trotz *et al.* (2007) evaluaron el nivel de inmunoglobulinas en becerras lactantes y encontraron valores de proteínas en el suero menores de 5.2 g/dL, los cuales se relacionaron significativamente con la infección por *Cryptosporidium* spp. Es bien sabido que los recién nacidos necesitan ingerir calostro antes de transcurridas seis horas para garantizar la absorción intestinal de las inmunoglobulinas;

además, cantidades séricas de anticuerpos menores a 10 mg/mL pueden causar hasta 60% de mortalidad por infecciones gastrointestinales (*Weaver et al.*, 2000).

Aparentemente, los resultados de este estudio sugieren que en las becerras examinadas, el proceso de alimentación con calostro careció de efectividad para protegerlas contra la infección por *Cryptosporidium* spp. La información obtenida de los establos indicaba que las crías consumían 4 L o más de calostro, pero ninguno de ellos mostró datos que probaran que la primera toma de calostro ocurra dentro de las primeras seis horas después del nacimiento. Por lo tanto, se infirieron deficiencias en el proceso de alimentación posnatal, lo que explicaría la ineffectividad de la alimentación con calostro para proteger a las becerras de la infección por *Cryptosporidium* spp.

Finalmente, es preciso señalar que, a pesar de estos hallazgos, este estudio se llevó a cabo únicamente en 3 establos; por lo tanto, estos resultados no pueden generalizarse a otros establos de México.

Conclusiones

En este estudio la edad de las becerras se identificó como un factor de riesgo para adquirir la infección por *Cryptosporidium* spp.: la infección se asoció al grupo de edad de entre 8 y 14 días.

Debe haber personal exclusivamente dedicado a la atención de los nacimientos y el cuidado de las becerras durante el parto y la crianza, de manera que se tenga un mejor control sobre la óptima alimentación con calostro. Esto podría asegurar un adecuado nivel de inmunoglobulinas, que protegería a las becerras de la infección por el parásito y otras enfermedades.

Los resultados obtenidos sugieren extremar la limpieza de los alojamientos individuales, en especial cuando se utilice cama de aserrín; se deberá retirar cualquier resto de excremento y humedad constantemente para evitar la proliferación del parásito. También los recipientes para beber leche o sustituto de leche se habrán de lavar muy bien para prevenir el riesgo a la infección, pues parece más importante la forma y frecuencia del aseo en las instalaciones y equipo que los materiales utilizados.

Financiamiento

Este proyecto fue financiado por DGEST-SEP (755.05-P).

Agradecimientos

Los autores agradecen a los ganaderos que participaron en el estudio toda la ayuda otorgada para la realización del mismo.

Conflictos de interés

Los autores estipulan que no tienen conflictos de interés.

Contribución de los autores

Dolores García Romo: diseño del trabajo; muestreo de campo; pruebas de laboratorio; escritura del artículo.

Carlos Cruz Vázquez: coordinación del grupo de trabajo; diseño del estudio; análisis epidemiológico; redacción del artículo.

Teódulo Quezada Tristán: trabajo de campo; análisis estadístico.

Enrique Silva Peña: trabajo de campo y de laboratorio.

Arturo Valdivia Flores: trabajo de campo y de laboratorio.

Sonia Vázquez Flores: pruebas parasitológicas.

Miguel Ramos Parra: análisis de riesgos.

Referencias

- 1) Almeida, A.J., Oliveira, F.C.R., Flores, V.M.Q. and Lopes, C.W.G. 2010. Risk factors associated with the occurrence of *Cryptosporidium parvum* infection in calves. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 62 (6): 1325-1330.
- 2) Avendaño, C., Quílez, J. and Sánchez-Acedo, C. 2010. Prevalence of *Cryptosporidium* in calves in the Ubaté-Chiquinquirá Valley (Colombia). *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*. 13 (1): 41-47.
- 3) Bhat, S.A., Juyal, P.D., Singh, N.K. and Singla, L.D. 2013. Coprological investigation on neonatal bovine cryptosporidiosis in Ludhiana, Punjab. *Journal of Parasitic Diseases*. 37 (1): 114-117.
- 4) Brook, E., Hart, C.A., French, N. and Christley, R. 2008. Prevalence and risk factors for *Cryptosporidium* spp. infection in young calves. *Veterinary Parasitology*. 152 (1): 46-52.
- 5) Cacciò, S.M. and Pozio, E. 2006. Advances in the epidemiology, diagnosis and treatment of cryptosporidiosis. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*. 4 (3): 429–443.
- 6) Cano-Romero, P., Alonso-Díaz, M.A., Figueroa-Castillo, J.A. and Trigo-Tavera, J.F. 2011. Prevalence and incidence of *Cryptosporidium* spp. in calves from the central region of Veracruz, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 13: 567-571.
- 7) Castelan-Hernández, O.O., Romero-Salas, D., García-Vázquez, Z., Cruz-Vázquez, C., Aguilar-Domínguez, M., Ibarra-Priego, N.D.J. and Muñoz-Melgarejo, S. 2011. Prevalence of bovine cryptosporidiosis in three ecological regions from the central region of Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 13: 461-467.
- 8) Castillo-García, C., Cruz-Vázquez, C., López-Revilla, R., Sánchez-Garza, M., Rosario-Cruz, R., Vitela, M.I. and Medina-Esparza, L. 2009. Frecuencia e identificación molecular de *Cryptosporidium* spp. en becerras lactantes mantenidas en confinamiento en Aguascalientes, México. *Técnica Pecuaria en México*. 47 (4): 425-434.
- 9) Castro-Hermida, J., González, L.Y., Mezo, M.M. and Ares, M.E. 2002a. A study of cryptosporidiosis in a cohort of neonatal calves. *Veterinary Parasitology*. 106 (1): 11-17.
- 10) Castro-Hermida, J., González, L.Y. and Ares, M.E. 2002b. Prevalence and risk factors involved in the spread of neonatal bovine cryptosporidiosis in Galicia (NW Spain). *Veterinary Parasitology*. 106 (1): 1-10.

- 11) Castro-Hermida, J., Carro-Corral, C., González-Warleta, M. and Mezo, M. 2006. Prevalence and intensity of infection of *Cryptosporidium* spp. and *Giardia duodenalis* in dairy cattle in Galicia (NW Spain). *Journal of Veterinary Medicine Series B*. 53 (5): 244-246.
- 12) De la Fuente, R., Luzón, M., Ruiz-Santa-Quiteria, J.A., García, A., Cid, D., Orden, J.A., García, S., Sanz, R. and Gómez-Bautista, M. 1999. *Cryptosporidium* and concurrent infections with other major enterophatogens in 1 to 30-day-old diarrheic dairy calves in central Spain. *Veterinary Parasitology*. 80 (3): 179-185.
- 13) Fayer, R., Morgan, U. and Upton, J.S. 2000. Epidemiology of *Cryptosporidium*: transmission, detection and identification. *International Journal for Parasitology*. 30 (13): 1305-1322.
- 14) Fayer, R., Santín, M. and Xiao, L. 2005. *Cryptosporidium bovis* n. sp. (Apicomplexa: Cryptosporidiidae) in cattle (*Bos taurus*). *Journal of Parasitology*. 91 (3): 624-629.
- 15) Fayer, R., Santín, M. and Trout, J.M. 2007. Prevalence of *Cryptosporidium* species and genotypes in mature dairy cattle on farms in eastern United States compared with younger cattle from the same locations. *Veterinary Parasitology*. 145 (3-4): 260-266.
- 16) Fayer, R., Santín, M. and Trout, J.M. 2008. *Cryptosporidium ryanae* n. sp. (Apicomplexa: Cryptosporidiidae) in cattle (*Bos taurus*). *Veterinary Parasitology*. 156 (3): 191-198.
- 17) Feitosa, F.L.F., Shimamura, G.M., Roberto, T., Meireles, M.V., Nunes, C.M., Ciarlini, P.C. and Borges, A.S. 2004. Prevalence of cryptosporidiosis in calves from Araçatuba region, São Paulo State, Brazil. *Ciencia Rural*. 34 (1): 189-193.
- 18) Hosmer, D.W., Lemeshow, S. and Sturdivant, R.X. 2013. *Applied Logistic Regression*. 3th edition. New Jersey: Wiley.
- 19) Joachim, A., Krull, T., Schwarzkopf, J. and Daugachies, A. 2003. Prevalence and control of bovine cryptosporidiosis in German dairy herds. *Veterinary Parasitology*. 112 (4): 277-278.
- 20) Kehoe, S.I., Heinrichs, A.J., Moody, M.L., Jones, C.M. and Long, M.R. 2011. Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrum. *Professional Animal Scientist*. 27 (3): 176-180.
- 21) Kváč, M., Kouba, M. and Vítovc, J. 2006. Age related and housing dependence of *Cryptosporidium* infection of calves from dairy and beef herds in South Bohemia, Czech Republic. *Veterinary Parasitology*. 137 (3-4): 202-209.
- 22) Lefay D., Naciri, M., Poirer, P. and Chermette, R. 2000. Prevalence of *Cryptosporidium* infection in calves France. *Veterinary Parasitology*. 89 (1): 1-9.
- 23) Lindsay, D.S., Upton, S.J., Owens, D.S., Morgan, U.M., Mead, J.R. and Blagburn, B.L. 2000. *Cryptosporidium andersoni* n. sp. (Apicomplexa: Cryptosporidiidae) from cattle, *Bos taurus*. *Journal of Eukaryotic Microbiology*. 47(1): 91-95.
- 24) Maldonado, C.S., Atwill, E.R., Saltijeral, O.J.A. and Herrera, A.L.C. 1998. Prevalence of and risk factors for shedding of *Cryptosporidium parvum* in Holstein Freisian dairy calves in Central México. *Preventive Veterinary Medicine*. 36 (29): 95-107.
- 25) Martínez, R.A. and Ortega, S.J. 2011. *Manual de Laboratorio de Inmunología Básica y Clínica*. Universidad Autónoma Chapingo: México.
- 26) Mohammed, H.O., Wade, S.E., and Schaaf, S. 1999. Risk factors associated with *Cryptosporidium parvum* infection in dairy cattle in southeastern New York State. *Veterinary Parasitology*. 83 (1): 1-13.

- 27) Muhid, A., Robertson, I., Ng, J.S.Y., and Ryan, U. 2011. Prevalence of and management factors contributing to *Cryptosporidium* sp. infection in pre-weaned and post-weaned calves in Johor, Malaysia. *Experimental Parasitology*. 127 (2): 534-538.
- 28) Ng, J.S.Y., Eastwood, K., Walker, B., Durrheim, D.N., Massey, P.D., Porigneaux, P. and Ryan, U. 2012. Evidence of *Cryptosporidium* transmission between cattle and humans in northern New South Wales. *Experimental Parasitology*. 130 (4): 437-441.
- 29) Ortolani, E.R. and Soares, P.C. 2003. Aspectos epidemiológicos de la criptosporidiosis en becerros de rebaños lecheros. *Parasitología Latinoamericana*. 58 (3-4): 122-127.
- 30) Ramírez, N.E., Ward, L.A. and Sreevatsan S. 2004. A review of biology and epidemiology of cryptosporidiosis in humans and animals. *Microbes and Infection*. 6 (8): 773-785.
- 31) Santín, M., Trout, J.M., Xiao, L., Zhou, L., Greiner, E. and Fayer, R. 2004. Prevalence and age-related variation of *Cryptosporidium* species and genotypes in dairy calves. *Veterinary Parasitology*. 122 (2): 103-117.
- 32) Santín, M., Trout, J.M. and Fayer, R. 2008. A longitudinal study of cryptosporidiosis in dairy cattle from birth to 2 years of age. *Veterinary Parasitology*. 155 (1): 15-23.
- 33) Silva-Ayçaguer, L.C. 2005. Una ceremonia estadística para identificar factores de riesgo. *Salud colectiva*. 1(3): 309-322.
- 34) Silverlås, C. and Blanco-Penedo, I. 2013. *Cryptosporidium* spp. in calves and cows from organic and conventional dairy herds. *Epidemiology and Infection*. 141 (3): 529-539.
- 35) Sischo, W.M., Atwill, E.R., Lanyon, L.E. and George, J. 2000. Cryptosporidia on dairy farms and the role these farms may have in contaminating surface water supplies in the northeastern United States. *Preventive Veterinary Medicine*. 43 (4): 253-267.
- 36) Starkey, S.R., Kimber, K.R., Wade, S.E., Schaaf, S.L., White, M.E. and Mohammed, H.O. 2006. Risk Factors Associated with *Cryptosporidium* Infection on dairy farms in New York State Watershed. *Journal Dairy Science*. 89 (11): 4229-4236.
- 37) Trotz-Williams, L.A., Brenna, D.J., Wayne, M.S., Kenneth, E.L. and Peregrine, S.A. 2005. Prevalence of *Cryptosporidium parvum* infection in southwestern Ontario and its association with diarrhea in neonatal dairy calves. *Canadian Veterinary Journal*. 46 (4): 349-351.
- 38) Trotz-Williams, L.A., Wayne-Martin, S., Leslie, K.E., Duffield, T., Nydam, D.V. and Peregrine, A.S. 2007. Calf-level risk factors for neonatal diarrhea and shedding of *Cryptosporidium parvum* in Ontario dairy calves. *Preventive Veterinary Medicine*. 82 (1): 12-28.
- 39) Trotz-Williams, L.A., Wayne-Martin, S., Leslie, K.E., Duffield, T., Nydam, D.V. and Peregrine, A.S. 2008. Association between management practices and within-herd prevalence of *Cryptosporidium parvum* shedding on dairy farms in southern Ontario. *Preventive Veterinary Medicine*. 83 (1): 11-23.
- 40) Uga, S., Matsuo, J., Kono, E., Kimura, K., Inoue, M., Rai, S.K. and Ono, K. 2000. Prevalence of *Cryptosporidium parvum* infection and pattern oocysts shedding in calves in Japan. *Veterinary Parasitology*. 94 (1): 27-32.

- 41) Valenzuela, O., González-Díaz, M., Garibay-Escobar, A., Burgara-Estrella, A., Cano, M., Durazo, M., Bernal, R.M., Hernández, J., Xiao, L. 2014. Molecular characterization of *Cryptosporidium* spp. in children from Mexico. *PLoS One.* 9 (4): e96128.
- 42) Weaver, D.M., Tyler, J.W., VanMetre, D.C., Hostetler, D.E. and Barrington, G.M. 2000. Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine.* 14(6): 569-577.