



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

## COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 20 de enero del año 2020, la que suscribe Nohemí Castro del Campo, alumna del Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 13751050, de la Unidad Académica Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho y de la Dra. Nohelia Castro del Campo y cede los derechos del trabajo titulado “Prevalencia y factores de riesgo asociados a *Cryptosporidium* spp en corderos y su diseminación en aguas superficiales del municipio de Culiacán, Sinaloa”, a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor. La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

Nohemí Castro del C.  
Nohemí Castro del Campo

CORREO ELECTRÓNICO: ncastro@uas.edu.mx  
CURP: CACN740405MSLSMH09



## UAS- Dirección General de Bibliotecas

### Repositorio Institucional

#### Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual, 4.0 Internacional.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA  
COLEGIO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**TESIS:**

**“Prevalencia y factores de riesgo asociados a *Cryptosporidium* spp  
en corderos y su diseminación en aguas superficiales del  
municipio de Culiacán, Sinaloa”**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTA:  
NOHEMÍ CASTRO DEL CAMPO**

**DIRECTORA DE TESIS:  
DRA. SOILA MARIBEL GAXIOLA CAMACHO**

**CO-DIRECTORA DE TESIS:  
DRA. NOHELIA CASTRO DEL CAMPO**

**Culiacán Rosales, Sinaloa, México, Junio de 2018.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA  
COLEGIO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**TESIS:**

**“Prevalencia y factores de riesgo asociados a *Cryptosporidium* spp  
en corderos y su diseminación en aguas superficiales del  
municipio de Culiacán, Sinaloa”**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTA:  
NOHEMÍ CASTRO DEL CAMPO**

**DIRECTORA DE TESIS:  
DRA. SOILA MARIBEL GAXIOLA CAMACHO**

**CO-DIRECTORA DE TESIS:  
DRA. NOHELIA CASTRO DEL CAMPO**

**ASESORES:  
DRA. IDALIA ENRÍQUEZ VERDUGO  
DR. JESÚS JOSÉ PORTILLO LOERA**

**Culiacán Rosales, Sinaloa, México, Junio de 2018**

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **NOHEMÍ CASTRO DEL CAMPO**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**DOCTORA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTORA                      DRA. SOILA MARIBEL GAXIOLA CAMACHO

CO-DIRECTORA                DRA. NOHELIA CASTRO DEL CAMPO

ASESORA                        DRA. IDALIA ENRÍQUEZ VERDUGO

ASESOR                         DR. JESÚS JOSÉ PORTILLO LOERA

CULIACÁN ROSALES, SINALOA, MÉXICO, JUNIO DE 2018.

## DEDICATORIA

*A mis padres quienes me formaron con fe y amor y quienes son mi mayor ejemplo de constancia, bondad y fortaleza, les debo todo lo que soy.*

*A mi esposo, amigo, compañero de vida y mi complemento, Jesús Joel, gracias por tu amor, paciencia y comprensión.*

*A mis hermanas, Nohelia y Karina, aunque nuestras ramas crezcan en distintas direcciones, nuestras raíces siempre nos unirán.*

*A mis hijos, Jesús Joel, Juan de Dios y Max, los detonantes de mi felicidad y el tesoro más grande que Dios me dio.*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa que hizo posible realizar mi formación en el Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias, a CIAD unidad Culiacán por abrirme sus puertas y al CONACyT por el apoyo económico otorgado para el estudio del posgrado.

Así también, en forma muy especial expreso mi profundo y sincero reconocimiento al comité de tesis Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho, Dra. Nohelia Castro del Campo, Dra. Idalia Enríquez Verdugo y Dr. Jesús José Portillo Loera, por su asesoría, acompañamiento y compartir sus conocimientos científicos y ante todo generosidad y paciencia.

Al Director de la FMVZ y ante todo mi entrañable amigo MC Jaime Eleazar Borbolla Ibarra, por su apoyo y consejos, por sus palabras a veces rudas que fortalecen mi espíritu.

A la Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho, por su infinita ayuda y cariño que siempre me brinda, lo cual la convierte en mi guía no sólo académica sino en un ejemplo de vida.

Al Dr. Jesús José Portillo Loera, por sus valiosas aportaciones en el diseño de la investigación y análisis de resultados esenciales para la elaboración de los manuscritos que hacen parte de esta tesis doctoral.

A mis compañeros constantes de muestreos, Berenice, Joel, Diana, Daniel, Javier, Antemio testigos de tantas risas, anécdotas, enojos, caídas, olvidos, incomodidades y hasta persecuciones y a pesar de todo siempre dispuestos al trabajo.

A mis amig@s Yazmín, Idalia, Claudia, y Daniel, por estar siempre, por escucharme, apoyarme, comprenderme, aguantarme, compartirme tanto de su vida y su locura, por ser parte de mi familia.

A Nohelia, Isidra, Célida, Flavio, César por su apoyo en los procedimientos de laboratorios.

A mis estudiantes de Licenciatura y Posgrado por ser el aliciente en mi vida académica.

Deseo agradecer de forma general, y así evitar olvidos inexcusables, a todos los Profesores, compañeros estudiantes y estructura administrativa (en especial a Gabriela Juárez y Dr. Javier Alonso Romo Rubio) del Colegio de Ciencias Agropecuarias, por sus enseñanzas y agradable compañía.

A los Señores propietarios, veterinarios y demás personal de las unidades de producción ovinas, por su cooperación al abrir sus puertas y permitir el desarrollo de esta investigación.

A mi esposo, por aceptar mis mentiras piadosas de que sería el “último muestreo” y prestarme la “camioneta más poderosa”, ahora puedo decirte que cuando no pudiste acompañarnos, pasó por veredas que ni te imaginas. 😊

A mi familia, por su amor y apoyo incondicional.

A un ángel que me mira desde el cielo.

A Dios.

## CONTENIDO

## PÁGINA

ÍNDICE DE CUADROS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.1. <i>Cryptosporidium</i>.....</b>	<b>2</b>
1.2.1.1. Breve historia de <i>Cryptosporidium</i> .....	2
1.2.1.2. Clasificación taxonómica y etiología de <i>Cryptosporidium</i> .....	3
1.2.1.3. Características morfológicas.....	6
1.2.1.4. Biología de <i>Cryptosporidium</i> .....	9
1.2.1.5. Inmunidad y fisiopatología de <i>Cryptosporidium</i> .....	12
<b>1.2.2. Aspectos epidemiológicos .....</b>	<b>15</b>
1.2.2.1. Mecanismos de transmisión.....	15
1.2.2.2. Importancia del agua y sus implicaciones en <i>Cryptosporidium</i> .....	16
1.2.2.2.1. Importancia del agua.....	16
1.2.2.2.2. Agua como transmisor de microorganismos .....	17
1.2.2.2.3. Contaminación del agua por <i>Cryptosporidium</i> .....	19
1.2.2.2.3.1. Concentración y viabilidad de <i>Cryptosporidium</i> en aguas.....	19
1.2.2.2.4. Contribución de los animales a la contaminación del agua.....	20
1.2.2.3. Situación de <i>Cryptosporidium</i> en animales domésticos .....	22
1.2.2.3.1. Prevalencia de <i>Cryptosporidium</i> en animales domésticos y salvajes .....	22
1.2.2.3.2. Prevalencia de <i>Cryptosporidium</i> en ovinos .....	22
1.2.2.4. Factores de riesgo asociado a <i>Cryptosporidium</i> en ovinos.....	23
1.2.2.4.1. Factor edad .....	24
1.2.2.4.2. Factor estacionalidad.....	24
1.2.2.4.3. Factor sistema de producción.....	25
1.2.2.4.4. Factor consistencia de heces.....	26
1.2.2.4.5. Factor Agua de consumo.....	26



1.2.2.	<b>Cryptosporidiosis</b> .....	27
1.2.2.4.	<b>Impacto de <i>Cryptosporidium</i> en la salud animal</b> .....	27
1.2.2.5.	<b><i>Cryptosporidium</i> como zoonosis</b> .....	28
1.2.3.	<b>Características de la región e investigaciones en <i>Cryptosporidium</i></b> .....	30
1.2.3.4.	<b>Características hidrológicas y productivas de la región</b> .....	30
1.2.3.5.	<b>Producción ovina</b> .....	33
1.2.3.6.	<b>Antecedentes de <i>Cryptosporidium</i> en la región</b> .....	36
<b>CAPÍTULO 2. PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A <i>Cryptosporidium spp</i> EN CORDEROS DE PELO DEL MUNICIPIO DE CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO</b> .....		37
2.1.	<b>RESUMEN</b> .....	40
2.2.	<b>ABSTRACT</b> .....	41
2.3.	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	42
2.4.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	43
2.4.1.	<b>Área de estudio</b> .....	43
2.4.2.	<b>Tipo de estudio y tamaño de muestra</b> .....	44
2.4.3.	<b>Colecta de muestras y análisis de laboratorio</b> .....	46
2.4.4.	<b>Análisis estadístico</b> .....	46
2.5.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	47
2.5.1.	<b>Prevalencia</b> .....	47
2.5.2.	<b>Factores de riesgo</b> .....	48
2.6.	<b>CONCLUSIÓN</b> .....	52
2.7.	<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	52
2.8.	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	53
<b>CAPÍTULO 3. DETECCIÓN Y VIABILIDAD DE <i>Cryptosporidium parvum</i> EN AGUAS SUPERFICIALES EN EL NOROESTE DE MÉXICO</b> .....		59
3.1.	<b>RESUMEN</b> .....	60
3.2.	<b>ABSTRACT</b> .....	61
3.3.	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	62
3.4.	<b>MÉTODOS</b> .....	63
3.5.	<b>RESULTADOS</b> .....	67
3.6.	<b>DISCUSIÓN</b> .....	70
3.7.	<b>CONCLUSIÓN</b> .....	74
3.8.	<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	74

3.9. DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES .....	74
3.10. BIBLIOGRAFIA .....	75
<b>CAPÍTULO 4. <i>Cryptosporidium</i> spp: PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO EN CORDEROS DE PELO EN ÉPOCA DE INVIERNO Y PRIMAVERA.</b> .....	<b>81</b>
4.1. RESUMEN .....	82
4.2. ABSTRACT .....	83
4.3. INTRODUCCIÓN .....	84
4.4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	85
4.4.1. Área de estudio.....	85
4.4.2. Tipo de estudio y tamaño de muestra .....	85
4.4.3. Colecta de muestras y análisis de laboratorio .....	87
4.4.4. Análisis estadístico .....	88
4.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	89
4.6. CONCLUSIÓN .....	96
4.7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	97
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	<b>102</b>
<b>CAPÍTULO 6. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>103</b>
<b>CAPÍTULO 7. ANEXOS</b> .....	<b>118</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Titulo	Página
1	Clasificación taxonómica de <i>Cryptosporidium</i>	3
2	Especies válidas de <i>Cryptosporidium</i>	5
3	Especies aceptadas del género <i>Cryptosporidium</i> y características morfométricas de los ooquistes	8
4	Ubicación de unidad de producción ovina por sindicatura y sistema de producción	45
5	Número de ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> spp observados por muestra de heces de corderos de pelo	48
6	Factores de riesgo asociados a la presencia de <i>Cryptosporidium</i> spp en heces de corderos de pelo en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México	49
7	Parámetros estimados de la regresión logística marginal para algunos factores de riesgo asociados a la presencia de <i>Cryptosporidium</i> spp en heces de corderos de pelo en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México	50
8	Concentración de ooquistes y ooquistes viables de <i>Cryptosporidium parvum</i> en aguas superficiales	68
9	Concentración de ooquistes y viabilidad de <i>Cryptosporidium parvum</i> en aguas superficiales de ríos y canales (mediana-IQR)	68
10	Unidades de producción ovinas y otras especies animales cercanas a los sitios de muestreo	69
11	Corderos analizados por sistema de producción y UPO	87
12	Conteo de ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> spp en heces de corderos de pelo	91
13	Factores de riesgo asociados a la presencia de <i>Cryptosporidium</i> spp en corderos de pelo	93
14	Análisis de regresión logística mediante el método de selección de variables hacia atrás con los factores de riesgo a <i>Cryptosporidium</i> spp en corderos de pelo	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Morfología de las fases de ooquiste y esporozoíto de <i>Cryptosporidium parvum</i>	7
2	Especies aceptadas del género <i>Cryptosporidium</i> y características morfométricas de los ooquistes	11
3	Fisiopatología de <i>Cryptosporidium</i>	14
4	Ríos y cuerpos de agua de Sinaloa	32
5	Sistema de producción ovina intensiva	34
6	Sistema de producción ovina semi-intensiva	34
7	Sistema de producción ovina extensivo	35
8	Localización del estado de Sinaloa y municipio de Culiacán en México	43
9	Localización de las unidades de producción ovina en el municipio de Culiacán, Sinaloa	44
10	Municipio de Culiacán, Sinaloa, México y sitios muestreados de ríos y canales	64
11	Localización de las unidades de producción ovina en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México	86
12	Prevalencia de <i>Cryptosporidium</i> spp en corderos de pelo por sindicatura y UPO	90

## RESUMEN

### Prevalencia y factores de riesgo asociados a *Cryptosporidium* spp en corderos y su diseminación en aguas superficiales del municipio de Culiacán, Sinaloa

Nohemí Castro del Campo

Con el objetivo de determinar la prevalencia y algunos factores de riesgo asociados con *Cryptosporidium* spp en corderos de pelo y su diseminación en aguas superficiales, se desarrolló un estudio epidemiológico observacional tipo transversal en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México. Para ello, un total de 23 unidades de producción ovinas (UPO) con dos distintos sistemas de producción fueron evaluadas. En el muestreo se incluyeron corderos entre 1 y 90 días de edad. Durante la época de verano-otoño de 2014 e invierno 2014-primavera 2015 se colectaron un total de 1900 muestras fecales que fueron teñidas con la técnica Ziehl-Neelsen modificada y examinadas bajo el objetivo de inmersión (100X) para permitir la identificación del protozoario. Las muestras de agua se colectaron de tres ríos y tres canales agrícolas, y se procesaron mediante el método EPA 1623 de los Estados Unidos para el aislamiento y cuantificación del protozoario; la viabilidad de ooquistes se determinó mediante microscopía de fluorescencia y contraste de interferencia diferencial. En los corderos, la prevalencia de *Cryptosporidium* durante verano-otoño fue del 41.58% [Intervalo de confianza (IC) 95% 38.70; 44.40%], y dentro de las UPO varió de 27.80 a 77.80%; en el conteo semicuantitativo se observó el 61.60% de las muestras con un ooquiste; el riesgo de un animal positivo a *Cryptosporidium* fue 2.2 veces mayor en otoño que en verano y 2.3 veces mayor donde el suministro de agua proviene de dique. En época de invierno-primavera la prevalencia fue 45.39% [Intervalo de confianza (IC) 95% 41.81; 49.01%], con variación dentro de las UPO de 25 a 68%; la observación de 2 a 5 ooquistes por muestra en el conteo semicuantitativo tuvo la frecuencia más alta con 41.45%; el riesgo de un animal positivo a *Cryptosporidium* fue 2.64 veces mayor en primavera que en invierno y 1.58 veces mayor riesgo de presentar el protozoario en la zona de producción de valle. En las muestras de agua los ooquistes de *Cryptosporidium parvum* fueron observados en el 100% del agua analizada; la concentración total de ooquistes y ooquistes viables/L fue de 48 (IQR 30-200.8) y 22 (IQR 10-142.1), respectivamente, con rango de viabilidad de 25% (10/40) a 77.7% (290/373). Los valores de ooquistes viables y viabilidad fueron similares entre afluentes de agua, aunque numéricamente en el agua de río se observó 7.9% más ooquistes viables. Los lugares de muestreo estuvieron cercanos a unidades de producción ovinas y en contacto con otros animales en pastoreo. Este es el primer estudio de prevalencia de *Cryptosporidium* spp en corderos de pelo en Sinaloa, México. Se concluye que la prevalencia general de *Cryptosporidium* spp en corderos durante las cuatro épocas fue 43.48% y se observó en el 100% de las UPO con variación de 25 a 78% con factores de riesgo asociados a época de otoño y primavera, agua de dique y la zona de producción en valle. En el agua se detectó en todas las muestras además, su viabilidad (51.6%) fue demostrada en aguas superficiales de ríos y canales en rangos superiores a la dosis infectiva; por estos hallazgos el microorganismo debe considerarse como un problema endémico y al presentarse de manera ininterrumpida tanto en UPO y agua representa un riesgo para la salud pública y animal.

Palabras clave: *Cryptosporidium*, prevalencia, corderos, factores de riesgo, aguas superficiales.

## ABSTRACT

### Prevalence and risk factors associated with *Cryptosporidium* spp in lambs and their spread in surface waters of the municipality of Culiacán, Sinaloa

Nohemí Castro del Campo

In order to determine the prevalence and some risk factors associated with *Cryptosporidium* spp in lambs of hair and its dissemination in superficial waters, an observational epidemiological cross-sectional study was developed in the municipality of Culiacán, Sinaloa, México. For this, a total of 23 sheep production units (UPO) with two different production systems were evaluated. Lambs between 1 and 90 days of age were included in the sampling. During the summer-autumn of 2014 and winter 2014-spring 2015, a total of 1900 fecal samples were collected and stained with the modified Ziehl-Neelsen technique and examined under the immersion objective (100X) to allow the identification of the protozoan. The water samples were collected from three rivers and three agricultural channels, and were processed by US EPA method 1623 for the isolation and quantification of the protozoan; the viability of oocysts was determined by fluorescence microscopy and differential interference contrast. In lambs, the prevalence of *Cryptosporidium* during summer-fall was 41.58% [Confidence interval (CI) 95% 38.70; 44.40%], and within the UPO it varied from 27.80 to 77.80%; in the semiquantitative count, 61.60% of the samples were observed with an oocyst; the risk of an animal positive to *Cryptosporidium* was 2.2 times higher in autumn than in summer and 2.3 times higher where the water supply comes from a dike. In winter-spring, the prevalence was 45.39% [Confidence interval (CI) 95% 41.81; 49.01%], with variation within the UPO from 25 to 68%; the observation of 2 to 5 oocysts per sample in the semiquantitative count had the highest frequency with 41.45%; the risk of an animal positive to *Cryptosporidium* was 2.64 times higher in spring than in winter and 1.58 times higher risk of presenting the protozoan in the valley production zone. In the water samples the oocysts of *Cryptosporidium parvum* were observed in 100% of the water analyzed; the total concentration of viable oocysts and oocysts / L was 48 (IQR 30-200.8) and 22 (IQR 10-142.1), respectively, with a feasibility range of 25% (10/40) to 77.7% (290/373). The values of viable oocysts and viability were similar among water tributaries, although numerically 7.9% more viable oocysts were observed in river water. The sampling sites were close to sheep production units and in contact with other grazing animals. This is the first study of the prevalence of *Cryptosporidium* spp in hair lambs in Sinaloa, Mexico. It is concluded that the general prevalence of *Cryptosporidium* spp in lambs during the four seasons was 43.48% and was observed in 100% of the UPO with variation of 25 to 78% with risk factors associated with autumn and spring season, dike water and the valley production zone. In the water was detected in all the samples in addition, its viability (51.6%) was demonstrated in surface waters of rivers and channels in ranges above the infective dose; due to these findings, the microorganism must be considered as an endemic problem and, when presented uninterruptedly in both UPO and water, it represents a risk to public and animal health.

Key words: *Cryptosporidium*, prevalence, lambs, risk factors, surface water.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.1 INTRODUCCIÓN

*Cryptosporidium* es un protozooario intestinal de distribución mundial, principalmente en climas cálidos y húmedos (Green *et al.*, 2004), con prevalencias en ovinos desde el 11.3% en Irán (Gharekhani *et al.*, 2014), 45% en India (Ahamed *et al.*, 2015), 2.50% en Egipto (Mahfouz *et al.*, 2014), 13.1% en Bélgica (Geurden *et al.*, 2008) y 67.5% en México (Romero *et al.*, 2016). La transmisión de la criptosporidiosis es de tipo horizontal y ocurre por la vía fecal-oral donde la principal fuente de infección son las heces de neonatos con diarrea, debido a el elevado número de ooquistes que excretan durante la fase aguda de la enfermedad (Fredes, 2015). Las infecciones por *Cryptosporidium* spp están asociados a un amplio espectro de factores, que interactúan propiciando la presentación del protozooario en diferentes niveles; dentro de éstos, las características propias del animal como la edad, etapa productiva e interacción con otros microorganismos (Castro-Hermida *et al.*, 2002; Khezri *et al.*, 2013; Alonso *et al.*, 2016), mientras que dentro de los ambientales se encuentran la época del año, sistemas de producción, higiene y agua (Baris *et al.*, 2009; Hernández y Cortéz, 2012; Bueno *et al.*, 2017). El efecto de las actividades agrícolas y ganaderas y su contribución a la contaminación de aguas también son de gran importancia, ya que la gestión adecuada de los residuos ganaderos es fundamental para evitar la contaminación ambiental, en especial de este importante recurso hídrico (Kolören *et al.*, 2017; Gracenea *et al.*, 2011; Tryland *et al.*, 2011). Estudios acerca de la concentración de *Cryptosporidium* en aguas se reportan en España, 18.4% (7 ooquistes/L) en canales de riego cuya agua es utilizada tanto para fines agrícolas como de consumo humano (Gracenea *et al.*, 2011); en aguas superficiales de Canadá, 75% (26.13/100 L), donde también se observó efecto de estacionalidad (otoño y verano) y así mismo asociadas con la estacionalidad de infecciones humanas de esa región (Lapen *et al.*, 2016). Debido a que *Cryptosporidium* spp ha sido referido mundialmente como un patógeno importante en animales jóvenes y en aguas, el objetivo de esta investigación fue determinar la prevalencia de *Cryptosporidium* spp en corderos de pelo y detectar los factores de riesgo asociados a la infección y su diseminación en aguas superficiales.

## 1.2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.2.1. *Cryptosporidium*

#### 1.2.1.1. Breve historia de *Cryptosporidium*

El género *Cryptosporidium* (esporoquistes ocultos) fue nombrado a principios del siglo pasado por Tyzzer en 1907, tras encontrar oocistos de *Cryptosporidium muris* en las glándulas pépticas de un ratón (*Mus musculus*); en 1910 describe la estructura del oocisto y el ciclo endógeno en ratones infectados experimentalmente, sin embargo, se le reconoció como agente causal de enfermedad hasta 1955, con la descripción de *Cryptosporidium meleagridis* en pavos (Slavin, 1955) y más adelante, en los años 70, con el descubrimiento de *Cryptosporidium* infectando ganado bovino productor de carne (Panciera *et al.*, 1971), fue cuando se empezó a apreciar su importancia en veterinaria. En ovejas, la infección por *Cryptosporidium* se describió por primera vez en Australia en corderos con diarrea de 1-3 semanas de edad (Barker y Carbonell, 1974). Sin embargo, debido a la asociación con otros microorganismos, el papel de *Cryptosporidium* spp como agente enteropatógeno era poco claro, hasta 1980 donde se le atribuyó un brote de diarrea neonatal en becerros atribuido exclusivamente a este protozooario (Tzipori *et al.*, 1980). Estudios posteriores destacaron el papel de *Cryptosporidium* en otras especies animales causando diarreas, morbilidad y mortalidad elevadas (Muñoz *et al.*, 1996; De Graaf *et al.*, 1999; Lindsay *et al.*, 2000). En humanos, a partir de la década de los 80 se asoció a infecciones en pacientes con el virus de inmunodeficiencia humana (CDC, 1982), sin embargo su importancia para la salud pública no se reconoció hasta 1993 donde causó un gran brote epidémico por contaminación de aguas de consumo (Mac Kenzie *et al.*, 1994).

En la actualidad, numerosas especies de *Cryptosporidium* han sido identificadas basándose en parámetros que incluyen no solo los datos morfológicos sino también los aspectos biológicos, la especificidad por el hospedador y las particularidades moleculares (García, 2012) y se proponen unas 30 especies del género *Cryptosporidium* como válidas donde humanos y ganado son los hospedadores de 14 y 13 de las 30 especies nombradas, respectivamente. Sin



embargo, hay al menos nueve especies que se comparten entre humanos y ganado (Slapeta, 2013).

### 1.2.1.2. Clasificación taxonómica y etiología de *Cryptosporidium*

El género *Cryptosporidium* está incluido en el Phylum Apicomplexa, Clase Sporozoea, subclase Coccidia, Orden Eucoccidiida, suborden Eimeriia y Familia Cryptosporidiidae (Cordero *et al.*, 2002; Fayer *et al.*, 2012) (Cuadro 1). Hasta la fecha, el estado taxonómico del género *Cryptosporidium* sigue siendo enigmático, ya que los descubrimientos moleculares sobre la especiación del género aún son un desafío para taxonomistas (Abdelsamad, 2014); aun así la caracterización molecular de aislados de *Cryptosporidium* ha permitido clarificar la confusa taxonomía de las especies de este género y validar la existencia de diferentes especies en cada clase de hospedador, nuevas especies de *Cryptosporidium* se han denominado basándose en diferentes parámetros que incluyen no solo los datos morfológicos sino también los aspectos biológicos, la especificidad por el hospedador y las particularidades moleculares (García, 2012).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Cryptosporidium*.

CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
<b>Phylum</b> Apicomplexa	Complejo apical presente en todas las especies parasitarias
<b>Clase</b> Sporozoea	Reproducción de esporozoasida asexual y sexual, produce por oocistos
<b>Subclase</b> Coccidiasina	El ciclo de vida de Coccidiasina generalmente involucra merogonia, gametogonia y esporogonia, pequeños gamontes
<b>Orden</b> Eucoccidiorida	Merogonia y esporogonia presente
<b>Suborden</b> Eimeriorina	Macro y micro gamontes se desarrollan independientemente; el cigoto no es móvil
<b>Familia</b> Cryptosporidiidae	Ooquistes contienen cuatro esporozoítos desnudos (sin esporoquistes), estados endógenos y ciclos de vida monoxenos

(Ghazy *et al.*, 2015).

Es conocido que el genoma de este parásito es muy pequeño, pues contiene todo su ADN en sólo ocho cromosomas (Gómez y Aguirre, 2017). Las especies descritas claramente con nombres científicos estables son básicos y esenciales para la comprensión de la epidemiología, por ello los principios para nombrarlos se proveen por el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN), y según su Artículo 13 y descripciones recientes adoptó las pautas de Xiao *et al.* (2004; 2007) y se han aplicado para aceptar los nombres de especies proporcionados en el cuadro 2 (Ryan *et al.*, 2014). Tres especies de *Cryptosporidium* corresponden a aves (*Cryptosporidium meleagridis*, *Cryptosporidium baileyi* y *Cryptosporidium galli*), 19 son especies de mamíferos (*Cryptosporidium muris*, *Cryptosporidium parvum*, *Cryptosporidium wrairi*, *Cryptosporidium felis*, *Cryptosporidium andersoni*, *Cryptosporidium canis*, *Cryptosporidium hominis*, *Cryptosporidium suis*, *Cryptosporidium bovis*, *Cryptosporidium fayeri*, *Cryptosporidium macropodum*, *Cryptosporidium ryanae*, *Cryptosporidium xiaoi*, *Cryptosporidium ubiquitum*, *Cryptosporidium cuniculus*, *Cryptosporidium tyzzeri*, *Cryptosporidium viatorum*, *Cryptosporidium scrofarum* y *Cryptosporidium erinacei*), una especie en anfibios (*Cryptosporidium fragile*), dos especies de reptiles (*Cryptosporidium serpentis* y *Cryptosporidium varani*), y dos especies en peces (*Cryptosporidium molnari* y *Cryptosporidium huwi*) (Ryan y Xiao, 2014; Ryan *et al.*, 2014, 2015; Ryan y Hijjawi, 2015). En ovinos, las especies más frecuentemente descritas son *Cryptosporidium parvum*, *Cryptosporidium andersoni*, *Cryptosporidium scrofarum*, *Cryptosporidium xiao*, *Cryptosporidium bovis*, *Cryptosporidium ryanae*, *Cryptosporidium andersoni* y más recientemente *Cryptosporidium ubiquitum* (Ryan *et al.*, 2014; Koinari *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2016; Kaupke *et al.*, 2017); aunque por su ubiquidad, elevadas prevalencias y potencial zoonótico *Cryptosporidium parvum* se considera una de las especies más importantes (Ghazy *et al.*, 2015).

Cuadro 2. Especies válidas de *Cryptosporidium* (Ryan *et al.*, 2014)

NOMBRE DE ESPECIE	AUTOR (ES)	TIPO DE HOSPEDADORES	HOSPEDADOR PRINCIPAL	REPORTES EN HUMANOS
<i>C. muris</i>	Tyzzer (1907, 1910)	<i>Tame mice</i>	Roedores	Numerosos reporte (ef. Feng <i>et al.</i> 2011)
<i>C. wrairi</i> <i>C. felis</i>	Vetterling <i>et al.</i> (1971) Iseki (1979)	<i>Cavia porcellus</i> (cerdo) <i>Feliz catis</i> (gato)	Cerdos Gatos	Ningún reporte Muchos reportes (cf. Lucio-Forster <i>et al.</i> 2010)
<i>C. serpentis</i>	Levine (1980)	<i>Elaphe guttata</i> , <i>E. subocularis</i> , <i>Sanzinia madagascarensis</i> (serpientes)	Serpientes y lagartos	Ningún reporte
<i>C. meleagridis</i> <i>C. parvum</i>	Slavin (1955) Re: Upton and Current (1985) Tyzzer (1912)	<i>Meleagris gallopavo</i> (turquia) <i>Bos taurus</i> (ganado)	Aves y humanos Rumiantes	Reportes en humanos Comúnmente reportes en humanos
<i>C. baileyi</i> <i>C. varanii</i>	Current <i>et al.</i> (1986) Pavlásek <i>et al.</i> (1995)	<i>Gallus gallus</i> (gallinas) <i>Varanus prasinus</i> (monitor esmeralda)	Aves Lagarto	Ningún reporte Ningún reporte
<i>C. andersoni</i>	Lindsay <i>et al.</i> (2000)	<i>Bos taurus</i> (ganado)	Ganado	Leoni <i>et al.</i> (2006); Morse <i>et al.</i> (2007); Waldron <i>et al.</i> (2011); Agholi <i>et al.</i> (2013); Liu <i>et al.</i> (2014)
<i>C. canis</i>	Fayer <i>et al.</i> (2001)	<i>Canis familiaris</i> (perro)	Perros	Muchos reportes (cf. Lucio-Forster <i>et al.</i> 2010)
<i>C. molnari</i>	Alvarez-Pellitero y Sitja-Bobadilla (2002)	<i>Sparus aurata</i> y <i>Dicentrarchus labrax</i> (peces)	Peces	Ningún reporte
<i>C. homines</i>	Morgan-Ryan <i>et al.</i> (2003)	<i>Homo sapiens</i> (humano)	Humanos	Especies comúnmente en humanos
<i>C. galli</i>	Re: Ryan <i>et al.</i> (2003) Pavlásek (1999)	<i>Spermetidae</i> , <i>Fragillidae</i> , <i>Gallus galle</i> , <i>Tetrao urogallus</i> , <i>Pinicola enucleator</i> (aves)	Aves	Ningún reporte
<i>C. suis</i>	Ryan <i>et al.</i> (2004)	<i>Sus scrofa</i> (cerdo)	Cerdos	Xiao <i>et al.</i> (2002a); Leoni <i>et al.</i> (2006); Cama <i>et al.</i> (2007); Wang <i>et al.</i> (2013)
<i>C. bovis</i>	Fayer <i>et al.</i> (2005)	<i>Bos taurus</i> (ganado)	Ganado	Khan <i>et al.</i> (2010); Ng <i>et al.</i> (2012); Helmy <i>et al.</i> (2013)
<i>C. fayeii</i> <i>C. fragile</i>	Ryan <i>et al.</i> (2008) Jirku <i>et al.</i> (2008)	<i>Macropus rufus</i> (canguro) <i>Duttaphrymus melanostictus</i> (sapos)	Marsupiales Sapos	Waldron <i>et al.</i> (2010) Ningún reporte
<i>C. macropodum</i> <i>C. ryanae</i> <i>C. xiaoi</i> <i>C. ubiquitous</i>	Power y Ryan (2008) Fayer <i>et al.</i> (2008) Fayer <i>et al.</i> (2010) Fayer <i>et al.</i> (2010)	<i>Macropus giganteus</i> (canguro) <i>Bos taurus</i> (ganado) <i>Ovis aries</i> (oveja) <i>Bos taurus</i> (ganado)	Marsupiales Ganado Ovejas y cabras Rumiantes, roedores y primates	Ningún reporte Ningún reporte Adamu <i>et al.</i> (2014) Comúnmente reporte (cf. Faye <i>et al.</i> 2010; Elwin <i>et al.</i> 2012)
<i>C. cuniculus</i>	Re: Robinson <i>et al.</i> (2010) Inman y Takeuchi (1979)	<i>Oryctolagus cuniculus</i> (conejo europeo)	Conejos	Chalmers <i>et al.</i> (2009); Anon (2010); Molloy <i>et al.</i> (2010); Chalmers <i>et al.</i> (2011)
<i>C. tyzzer</i>	Re: Ren <i>et al.</i> (2012) Tyzzer (1912) ( <i>C. parvum</i> )	<i>Mus musculus</i> (ratón)	Roedores	Raskova <i>et al.</i> (2013)
<i>C. viatorumi</i>	Elwin <i>et al.</i> (2012b)	<i>Homo sapiens</i> (humano)	Humanos	Elwin <i>et al.</i> (2012b); Insulander <i>et al.</i> (2013)
<i>C. scrofarum</i>	Kváč <i>et al.</i> (2013b)	<i>Sus scrofa</i> (cerdos)	Cerdos	Kváč <i>et al.</i> (2009a); Kváč <i>et al.</i> (2009b)
<i>C. erinacei</i>	Kváč <i>et al.</i> (2014b)	<i>European hedgehog</i> ( <i>erinaceus europaeus</i> )	Caballos	Kváč <i>et al.</i> (2014a)

### 1.2.1.3. Características morfológicas

El ooquiste es la forma infectante y de resistencia de *Cryptosporidium* (*del griego*: “espora oculta”). Es el único estadio que se encuentra fuera del hospedador y que permite la diseminación de la infección (Fayer, 2004). Los ooquistes de *Cryptosporidium* spp se observan esféricos, u ovoides, translúcidos y refringentes al microscopio óptico (Lindsay *et al.*, 2000; Xiao *et al.*, 2004), sus medidas dependen de la especie de *Cryptosporidium* (Cuadro 3) y oscilan de 3 a 8.4  $\mu\text{m}$  (Navarro *et al.*, 2011). Las características de estos se presentan en la figura 1. Un ooquiste maduro de *Cryptosporidium* spp está constituido por una pared que le confiere resistencia (Jenkins *et al.*, 2010), la capa externa, de 5 nm de espesor, presenta abundante material filamentoso y glicoproteínas ácidas; puede ser parcialmente eliminada por efecto del hipoclorito de sodio; está separada por 5 nm de distancia de una capa central rígida y electrodensa, de 10 nm de espesor, de composición lipídica y glicoproteica, lo que le confiere propiedades de ácido-alcohol resistencia: la capa interna, de composición glicoproteica, presenta 20 nm de espesor y provee a la pared cierta rigidez y a la vez elasticidad; una característica única que distingue al género es la presencia de una línea de sutura en la pared del ooquiste, la cual durante el desenquistamiento permite la salida de los esporozoítos (Petry, 2000; Fayer, 2004). Cada oocisto contiene cuatro esporozoítos desnudos, y estos están desarrollados y completamente infeccioso tras la excreción (a diferencia de otros géneros de Apicomplexa como *Eimeria* spp, *Cystoisospora* spp o *Toxoplasma gondii* para el cual un período de desarrollo en el ambiente es necesaria para la excreción posterior; además, a diferencia de estos otros géneros de Apicomplexa, los esporozoítos están desnudos, en lugar de estar contenidos dentro de los esporoquistes dentro del ooquiste (Jenkins *et al.*, 2010). El esporozoíto es alargado, con forma de coma, con el extremo apical afinado y el posterior redondeado; los microtúbulos, situados lateralmente por debajo de la membrana plasmática unidos al anillo polar, recorren el cuerpo del esporozoíto desde el ápice hacia su parte media, éstos permiten su desplazamiento y actúan durante el proceso de invasión (Carey *et al.*, 2004). En el extremo anterior del esporozoíto se presenta el complejo apical, compuesto por organelas secretorias (roptrias, micronemas, gránulos densos) y componentes no

vesiculares (conoide y microtúbulos subpeliculares), las roptrias y los micronemas le permiten al zoíto adherirse e invadir la célula hospedadora e inducir a envolver al parásito en la vacuola parasitófora (Boulter *et al.*, 2007). Las roptrias son organelas con forma de maza, cuyo contenido se descarga durante la internalización del parásito; en *Cryptosporidium parvum*, una de sus roptrias se extiende hacia el sitio de adhesión y colabora en la transformación de la membrana plasmática de la célula hospedadora en vacuola parasitófora; los micronemas participan en el reconocimiento de la célula hospedadora, la motilidad y la adherencia mediada por receptor; existen varias clases de proteínas asociadas a los micronemas, la glicoproteína 900 (GP 900) está presente en los micronemas, y en estadios invasivos del parásito se sitúa en la superficie, participa activamente en el proceso de invasión; las proteínas adhesivas relacionadas con las trombospondinas (TRAPs), se pueden hallar inclusive en otros Apicomplexa, estarían relacionadas con la motilidad, adherencia e invasión del parásito; los gránulos densos presentan proteínas que se asocian con la vacuola parasitófora o con estructuras vacuolares luego de su exocitosis. En el extremo posterior del esporozoíto se sitúa el núcleo, y próximo a él, se ubica una organela semejante a una mitocondria (Petry, 2000).

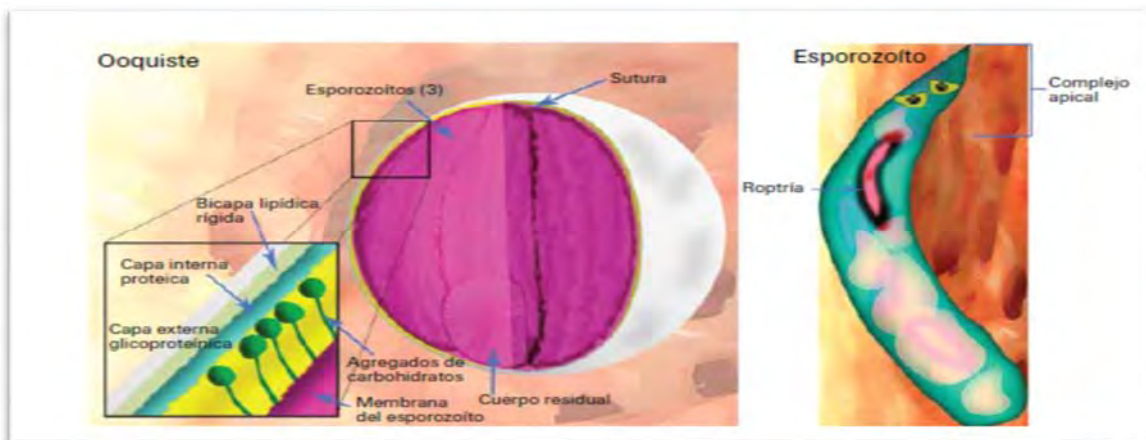


Figura 1. Morfología de las fases de ooquiste y esporozoíto de *C. parvum* (modificado de Snelling *et al.*, 2010 por Gómez-Sandoval, 2016).

*Cryptosporidium* posee ciertas particularidades que parecerían distanciarlo de otros coccidios como son la localización peculiar dentro de la célula huésped, intracelular pero extracitoplasmática, que confina los estadios de desarrollo endógeno a la superficie apical de las células epiteliales; la unión del parásito a la célula huésped a

través de una organela multimembranosa en la base de la vacuola parasitófora que facilita la incorporación de nutrientes desde la célula huésped; la presencia de dos tipos morfofuncionales de ooquistes, los de paredes gruesas que son excretados, y los de paredes delgadas, responsables de la iniciación del ciclo auto infectivo en el huésped infectado; el tamaño pequeño de los ooquistes que carecen de estructuras morfológicas tales como micrópilo, esporoquistes y gránulos polares y, finalmente, la insensibilidad a todos los agentes anticoccidiales debido a la ausencia del plástido apicomplexa (Hijawi *et al.*, 2002).

Cuadro 3. Especies aceptadas del género *Cryptosporidium* y características morfométricas de los ooquistes.

Año	Especie	Hospedador principal	Localización	Tamaño ooquiste ( $\mu\text{m}$ )
1910	<i>C. muris</i>	Ratón	Estómago Intestino delgado	8.4 × 6.3 (7.5-9.8 × 5.5-7.0)
1912	<i>C. parvum</i>	Bovino Humano Otros mamíferos		5.0 × 4.5 (4.5-5.4 × 4.2-5.0)
1955	<i>C. meleagridis</i>	Pavo	Intestino delgado	5.2 × 4.6 (4.5-6.0 × 4.2-5.3)
1971	<i>C. wrairi</i>	Conejo de indias	Intestino delgado	5.4 × 4.6 (4.8-4.6 × 4.0-5.0)
1979	<i>C. felis</i>	Gato	Intestino delgado	4.6 × 4.0 (3.2-5.1 × 3.0-4.0)
1980	<i>C. serpentis</i>	Serpientes	Estómago	6.2 × 5.3 (5.6-6.6 × 4.8-5.6)
1986	<i>C. baileyi</i>	Gallina	Bolsa de Fabricio Cloaca	6.2 × 4.6 (5.6-6.3 × 4.5-4.8)
1995	<i>C. varanii</i>	Lagartos	Estómago Intestino delgado	4.8 × 4.7 (4.8-5.1 × 4.4-4.8)
2000	<i>C. andersoni</i>	Bovino	Abomaso	7.4 × 5.5 (6.0-8.1 × 5.0-6.5)
2001	<i>C. canis</i>	Perro	Intestino delgado	4.95 × 4.71
2002	<i>C. hominis</i>	Humano	Intestino delgado	4.9 × 5.2 (4.4-5.5 × 4.4-5.9)
2002	<i>C. molnari</i>	Dorada Lubina	Estómago (intestino)	4.72 × 4.47 (3.2-5.5 × 3.0-5.0)
2003	<i>C. galli</i>	Aves	Protoventrículo	8.2 × 6.3 (8.0-8.5 × 6.2-6.4)
2004	<i>C. suis</i>	Cerdo	Intestino grueso Intestino delgado	4.6 × 4.2 (4.4-4.9 × 4.3-4.0)
2005	<i>C. bovis</i>	Bovino	Intestino delgado	5.0 × 4.5 (4.7-5.3 × 4.2-4.8)
2008	<i>C. fayeri</i>	Canguro rojo Otros marsupiales	Intestino delgado	4.9 × 4.3 (4.5-5.1 × 3.8-5.0)
2008	<i>C. fragile</i>	Anfibio	Estómago	6.2 × 5.5 (5.5-7.0 × 5.0-6.5)
2008	<i>C. ryanae</i>	Bovino	Desconocido	3.73 × 3.16 (2.9-4.4 × 2.9-3.7)
2008	<i>C. macropodum</i>	Canguro gris	Desconocido	4.9 × 5.4 (4.5-6.0 × 5.0-6.0)
2009	<i>C. xiaoi</i>	Ovino	Desconocido	3.9 × 3.4 (2.9-4.4 × 2.9-4)
2010	<i>C. ubiquitum</i>	Bovino Ratón Otros mamíferos	Desconocido Intestino delgado	5.19 × 4.87 (4.9-5.6 × 4.4-5.4)
2010	<i>C. cuniculus</i>	Conejo Humano	Intestino delgado	5.98 × 5.38 (5.5-6.4 × 5.02-5.9)

(Cuadro modificado de Navarro *et al.*, 2011)

#### 1.2.1.4. Biología de *Cryptosporidium*

Para todas las especies de *Cryptosporidium*, el ciclo de vida es directo (sin hospedador intermedio) (Figura 2) sin embargo, es bastante complejo y tiene tanto un ciclo sexual como un ciclo asexual (Robertson, 2014).

La etapa de transmisión es el ooquiste; quienes son la única etapa exógena y se excreta en las heces de huéspedes infectados (Robertson, 2014). El ciclo comienza con la ingestión de ooquistes con pared gruesa de la fuente externa o bien por autoinfección con los ooquistes de pared delgada (Siddiki y Masuduzzaman; 2009), luego la sutura del ooquiste se abre en el tracto gastrointestinal y libera a los esporozoítos desnudos infecciosos teniendo afinidad por los enterocitos del íleon y en especial por las placas de Peyer; en un proceso mediado por ligandos específicos en la superficie de los esporozoítos y receptores en la célula anfitriona, el esporozoíto se une a la membrana apical de la célula epitelial del huésped, cuya unión induce la reorganización de la actina del citoesqueleto de la célula huésped y protrusión de la membrana alrededor del esporozoíto para formar una vacuola en que el organismo permanece intracelular pero extracitoplasmático (Figura 2 1B a 1F) (Tzipori y Widmer, 2000; Chen *et al.*, 1998; Chen y LaRusso; 2000), y es en la base de la vacuola (Figura 2 1E y 1F) donde se facilita la absorción de nutrientes por el parásito (Chen *et al.*, 1998; Elliott *et al.*, 2001). Aquí da principio la fase de multiplicación asexual, y el parásito sufre dos ciclos merogónicos, donde los esporozoítos se transforman en trofozoítos, durante la primera merogonia; los trofozoítos se dividen en tres ocasiones y dan lugar a 8 merozoítos dentro de un meronte, denominado Tipo I, el cual se rompe y los merozoítos liberados ingresan en una nueva célula epitelial dando lugar a nuevos merontes; la reproducción asexual se puede dar de manera indefinida originando merontes tipo I (con 6-8 merozoítos) que pueden multiplicarse continuamente o transformarse en merontes Tipo II, (con 4 merozoítos) (O'Hara y Chen 2011).

Los merozoítos del meronte Tipo II son liberados y parasitan nuevas células, llevando a cabo la fase de gametogonia, al diferenciarse en macrogametocito (femenino) o microgametocito (masculino), el macrogametocito evoluciona a macrogameto, el cual es inmóvil y permanece en el interior del enterocito; los

microgametocitos maduran rompiendo los microgametos y penetran en los macrogametos fecundándolos (Karanis y Aldeyarbi; 2011, O'Hara y Chen; 2011). Una vez realizada la fertilización, se origina el cigoto, el cual sufre un proceso similar a la meiosis (esporogonia), generando 4 esporozoítos haploides que quedan contenidos en el interior de un ooquiste, que puede ser de pared delgada en un 20% o de pared gruesa un 80% (O'Hara y Chen 2011). Los primeros eclosionan rápidamente dentro del huésped (auto-infección endógena) y los segundos salen en las heces del huésped; cada generación de oocistos puede desarrollarse y madurar en un periodo de 12 a 14 horas (Tzipori *et al.*, 1983; Casemore, 1990).

En humanos el periodo de incubación de los síntomas de la enfermedad es de aproximadamente 7 días y la enfermedad suele ser auto limitante, con una duración media de 6 a 9 días (Hunter *et al.*, 2007), con casos reportados hasta 100 a 120 días (Robertson *et al.*, 2002). Las recaídas son comunes; los informes indican 1 a 5 episodios en el 40 al 70% de los pacientes (Hunter *et al.*, 2004).

El ciclo biológico de *Cryptosporidium* puede completarse en tan sólo dos días; diversos autores comprobaron que el período de prepatencia varía según el hospedador y la especie de *Cryptosporidium*, experimentalmente se determinaron períodos de prepatencia de 2 a 7 días en rumiantes domésticos (Thompson *et al.*, 2005), 2 a 14 días en perros (Augustin *et al.*, 1984) y 5 a 10 días en gatos (Iseki, 1979).



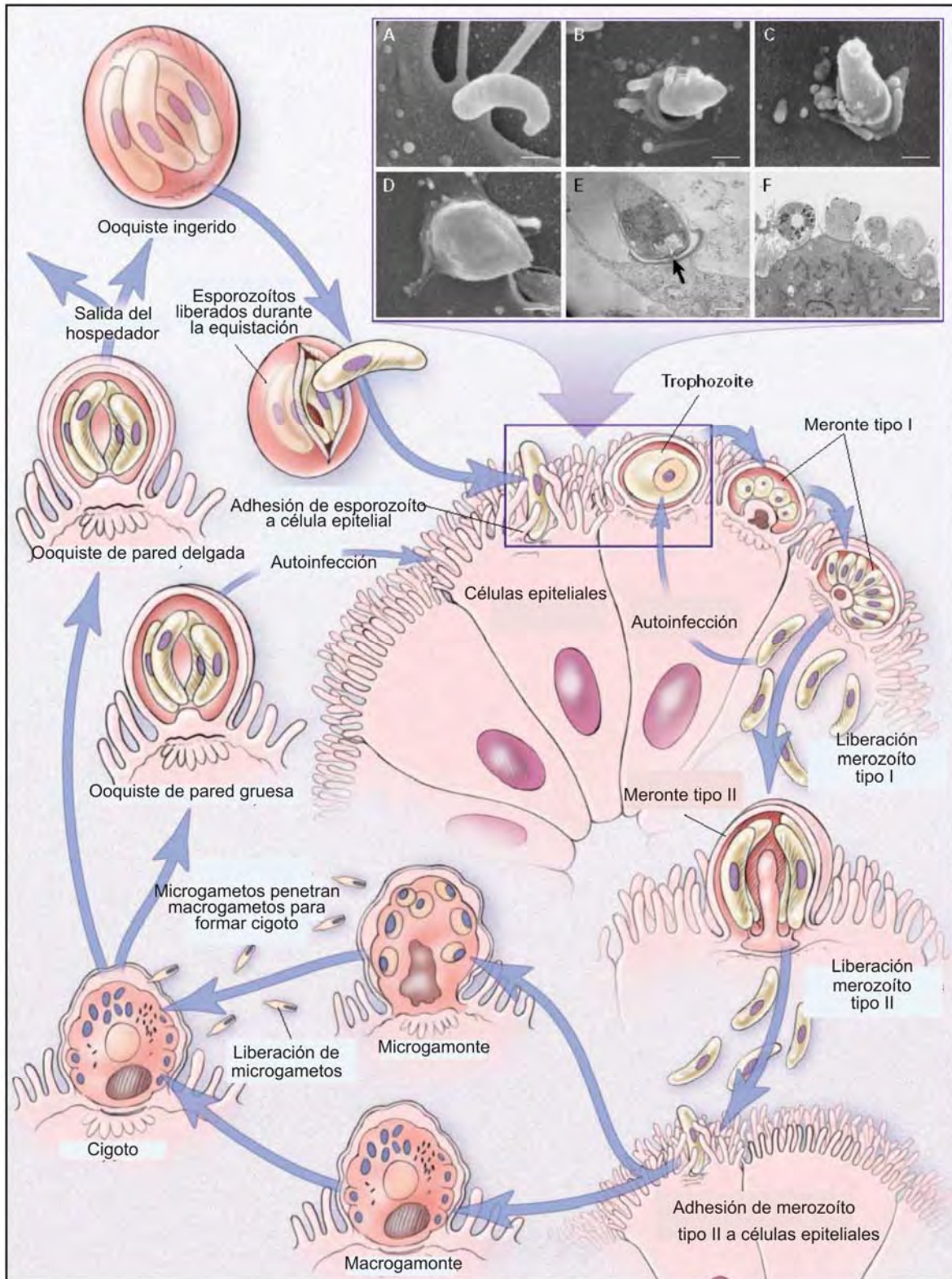


Figura 2. Ciclo biológico de *Cryptosporidium* (Xian *et al.*, 2002).

### 1.2.1.5. Inmunidad y fisiopatología de *Cryptosporidium*

Tanto la inmunidad humoral como la mediada por células están involucradas en la resolución de cryptosporidiosis y resistencia a la infección, la invasión de células epiteliales *in vitro* por *Cryptosporidium parvum* resultan en la expresión rápida de quimiocinas inflamatorias; esta respuesta es importante en el desarrollo temprano de la inflamación a menudo observado en infecciones por *Cryptosporidium parvum* (McDonald *et al.*, 2000). La producción incrementada de prostaglandina E (que estimula la producción de mucina) o los péptidos antimicrobianos  $\beta$ -defensinas en *Cryptosporidium parvum* en las células infectadas ayudan a proteger el epitelio de la invasión parasitaria, el Interferon  $\gamma$  es importante para la resistencia a *Cryptosporidium parvum*, porque la ausencia o deficiencia de esta citoquina en ratones y humanos resulta en un alto nivel de susceptibilidad a la infección por el protozooario (Tarver *et al.*, 2002; Xian *et al.*, 2002).

La resistencia adquirida a la infección cryptosporidial es dependiente de las células T con receptores de células T tipo  $\alpha/\beta$ ; además, subgrupos de células T CD4<sup>+</sup> tienen un papel protector, mientras subpoblaciones de células T CD8<sup>+</sup> parecen irrelevantes o subordinadas; en suero de pacientes con infección aguda o de pacientes convalecientes se producen anticuerpos específicos IgG, IgM, IgA e incluso IgE; sin embargo, los mecanismos por los cuales *Cryptosporidium parvum* infectan las células del epitelio gastrointestinal e inducen respuestas inmunes del huésped aún no se entienden por completo (McDonald *et al.*, 2000; Xian *et al.*, 2002).

Al desenquistarse en el tracto gastrointestinal, los esporozoítos se liberan e inician la adhesión y la invasión (Nguyen *et al.*, 2005). Durante la interacción con el enterocito, las proteínas de superficie del esporozoíto y las proteínas secretadas por las organelas especializadas del complejo apical facilitan la adhesión e invasión, y estimulan la formación de la vacuola parasitófora; *Cryptosporidium* ingresa por el sector apical de la superficie epitelial intestinal y dentro de la célula hospedadora se sitúa en la red de filamentos de actina y de proteínas asociadas a ésta, como talina, ezrina, vinculina y  $\alpha$ -actinina (Smith *et al.*, 2005); luego, estimula la polimerización y acumulación de actina en la interfase parásito-citoplasma de la célula hospedadora,

para que protruya la membrana plasmática y se forme la vacuola parasitófora (Elliott *et al.*, 2002).

Ante la presencia de la vacuola parasitófora, las células regulan el aumento de su tamaño a través de la modificación de la permeabilidad de la membrana al agua y a ciertos iones; *Cryptosporidium* recluta un cotransportador de Na<sup>+</sup>/glucosa y una acuoporina en el sitio de adhesión; esto posibilita el ingreso de glucosa y agua a la célula hospedadora, lo que permite lograr una mayor protrusión de la membrana plasmática (Chen *et al.*, 2005). Los diferentes estadios parasitarios desplazan el borde de las microvellosidades y, eventualmente, llevan a la pérdida de la superficie intestinal: se reduce el tamaño de las vellosidades y aumentan de longitud las criptas intestinales por la aceleración de la división celular a fin de compensar la muerte celular (Smith *et al.*, 2007).

La apoptosis celular secundaria a la infección forma parte de un mecanismo defensivo de la mucosa, sin embargo, se conoce que el protozooario tiene la capacidad de inhibir la muerte celular programada de las células parasitadas (Xian *et al.*, 2002). Entre las 6 y las 24 horas posinfección predomina un efecto antiapoptótico; a las 24 a 48 horas posinfección se hacen más evidentes las señales proapoptóticas, lo cual permite que el parásito complete su ciclo de vida (24 a 48 horas) antes de que la célula hospedadora entre en apoptosis (Xian *et al.*, 2002).

La combinación de la pérdida del tamaño de las vellosidades y del borde microvellositario disminuye la absorción de fluidos, electrolitos y nutrientes, y conduce a la pérdida de enzimas digestivas de membrana, lo cual contribuye a la malabsorción y la desnutrición (Smith *et al.*, 2007). La malabsorción y la alteración de la digestión producen un sobrecrecimiento de la microflora intestinal, cambios en la presión osmótica e influjo de líquido hacia la luz intestinal (Del Cocco *et al.*, 2009). En la figura 3, se observa como *Cryptosporidium parvum* se adhiere íntimamente a las microvellosidades de la membrana y causa pérdida de microvellosidades y barrido, que resulta en malabsorción (Xian *et al.*, 2002). Las células epiteliales son centinelas y responden a la infección mediante la producción de moléculas inflamatorias (Del Cocco *et al.*, 2009). El organismo se activa en segundo lugar vías de señal, como el factor nuclear-kB (NF-kB) y sistemas c-src; la activación de NF-kB induce la

producción de citocinas y quimiocinas, como la interleucina-8, para desencadenar reacción inflamatoria y estimula señales que impiden la apoptosis de la célula

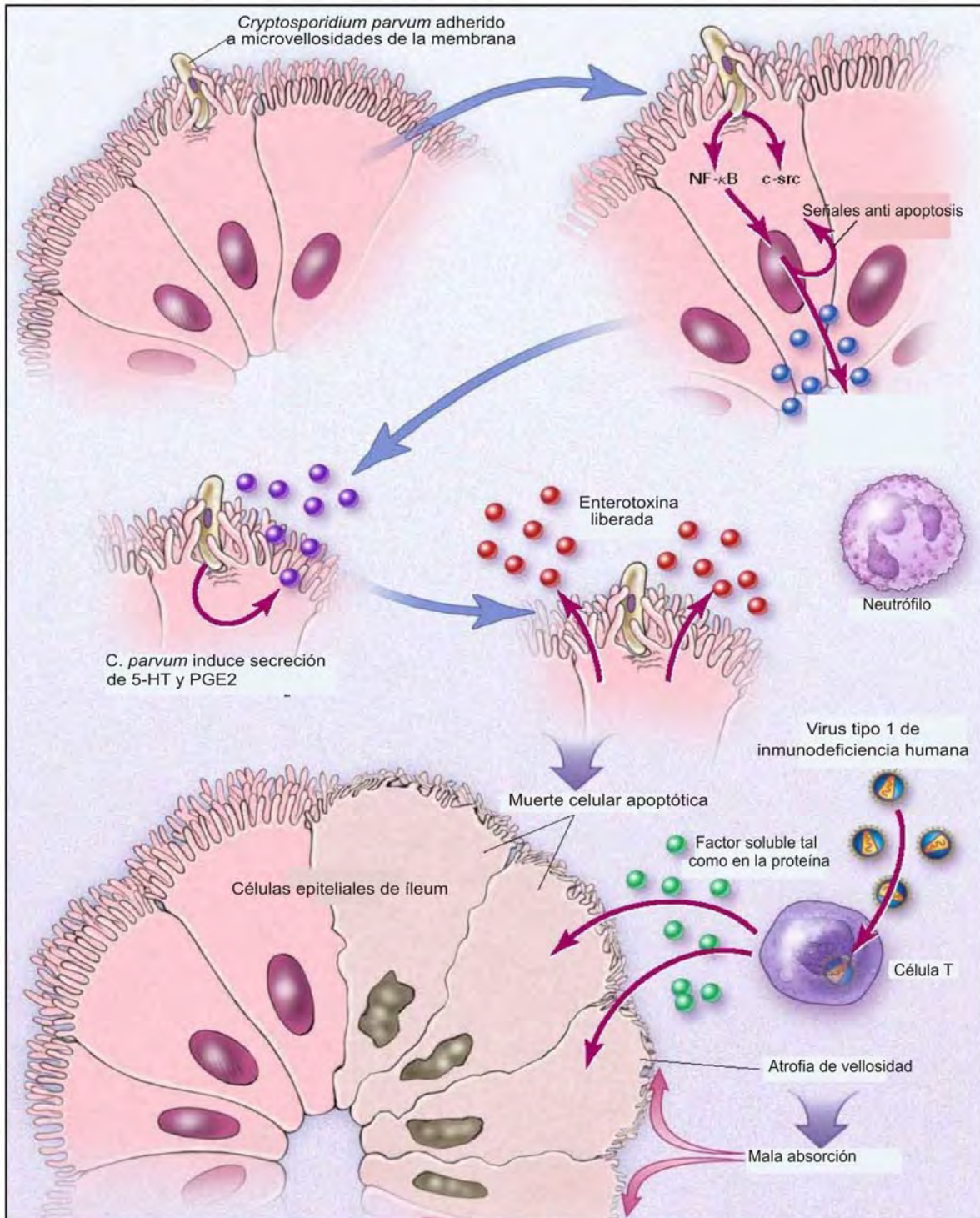


Figura 3. Fisiopatología de *Cryptosporidium* (Xian *et al.*, 2002).

parasitada, a fin de que el parásito culmine su ciclo evolutivo (Choudhry *et al.*, 2008). La activación de c-src se asocia con la reorganización del citoesqueleto de la célula huésped y tal vez disfunción de uniones estrechas; *Cryptosporidium parvum* induce la secreción de 5-hidroxitriptamina (5-HT) y prostaglandina E2 (PGE2) en el lumen; la actividad de "enterotoxina", que produce secreción de cloruro *in vitro*, se ha detectado en extractos fecales de terneros infectados; *Cryptosporidium parvum* induce la apoptosis en las células epiteliales, lo que resulta en daño a la barrera epitelial; la infección del Virus de inmunodeficiencia humana la tipo 1 puede amplificar aún más el daño por la acción de factores solubles, como las proteínas; *Cryptosporidium parvum* produce varios grados de atrofia de vellosidades por un mecanismo desconocido, lo que resulta en malabsorción (Xian *et al.*, 2002).

## **1.2.2. ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS**

### **1.2.2.1. Mecanismos de transmisión**

La transmisión de la *Cryptosporidium* es de tipo horizontal y ocurre por la vía fecal-oral (Fredes, 2015) mediante la ingestión de ooquistes eliminados previamente con las heces de otros animales parasitados ya que son encontrados exclusivamente en el excremento (Uga *et al.*, 2007), éstos contaminan la cama de la explotación, las ubres de las madres (Quílez *et al.*, 2003) suelo, forrajes, comederos y pastos (Uga *et al.*, 2007; Sharma y Busang, 2013). La principal fuente de infección son las heces de neonatos con diarrea; el elevado número de ooquistes que excretan durante la fase aguda hace que constituyan la principal fuente de infección, así los corderos parasitados pueden eliminar diariamente hasta  $2 \times 10^9$  ooquistes, por lo que el mayor peligro que tiene un animal de contraer la enfermedad es la proximidad o el contacto con otro ya enfermo (Quílez *et al.*, 2003) aunque también hay que considerar la eliminación de ooquistes por los animales adultos que actúan como portadores asintomáticos (Cordero del Campillo *et al.*, 1999; Cacció y Widmer, 2014); si bien la cantidad de ooquistes que eliminan estos animales al medio es generalmente baja, parece suficiente para infectarlos corderos y cabritos recién nacidos, que son los que posteriormente amplifican la infección (Quílez *et al.*, 2003). Además de las especies productivas, los animales salvajes también contribuyen a la diseminación de

*Cryptosporidium* que al infectarse pueden contaminar otras fuentes de transmisión, como el agua, mediante la eliminación de grandes cantidades de ooquistes al ambiente (Hancock *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 2007; Budu-Amoako *et al.*, 2012). Finalmente, no se debe olvidar la posibilidad de transmisión indirecta de *Cryptosporidium*, mediante la ingestión de agua contaminada. En los países en vías de desarrollo, las aguas residuales municipales representan un alto riesgo en la transmisión del protozooario, de hecho, se ha demostrado que hortalizas (zanahoria, rábano, lechuga, cilantro, tomate) regadas con agua contaminada con heces, pueden ser portadoras de *Cryptosporidium parvum* (Scott *et al.*, 2001); asimismo, Harper *et al.* (2002) han identificado ooquistes de *Cryptosporidium* spp en leche no pasteurizada.

La vía de transmisión por agua tiene mayor interés desde el punto de vista de la salud pública, especialmente teniendo en cuenta el carácter zoonótico de la enfermedad, dadas las características del parásito, ya que, presenta ooquistes de pequeño tamaño, una gruesa pared quística, resistencia al tratamiento con cloro y ácidos, viabilidad prolongada de hasta varios meses en el ambiente, excreción de estadios inmediatamente infectivos y baja dosis infectante para infectar otros organismos (Fayer y Xiao, 2008; Yoder y Beach, 2010; Cacció y Widmer, 2014). La proximidad de los humanos y el ganado, así como la capacidad de la escorrentía de las operaciones de producción ganadera contaminando el suelo y la superficie el suministro de agua representa un riesgo de transmisión de infección por *Cryptosporidium* a salud pública (Sharma y Busang, 2013).

### **1.2.2.2. Importancia del agua y sus implicaciones en *Cryptosporidium***

#### **1.2.2.2.1. Importancia del agua**

El agua es un elemento vital, que rodea a la tierra en aproximadamente un 70%, lo mismo que el cuerpo humano al estar formado con un 75% de agua al nacer y cerca del 60% en la edad adulta (Iglesias *et al.*, 2011). Además en la atmósfera existen cantidades elevadas de agua, alrededor de 12,550 km cúbicos en forma de vapor, pese a todo ello, la distribución del agua en la tierra es muy variable, depende de muchos factores (Isan, 2017). Sin embargo, a pesar de que la corteza terrestre y la

atmósfera albergan gran cantidad de agua, la gran mayoría no es consumible por ser de naturaleza salada; la mayor proporción (97%) se encuentra en los grandes océanos y mares, y únicamente 3% es agua dulce, lo que la convierte en el bien más valioso para el mantenimiento de la existencia humana (Coutiño, 2008).

De este porcentaje consumible, es muy poca la que es potable, únicamente alrededor del 0.027% del total de agua potable de la tierra está inmediatamente disponible, la mayoría, el 70% se encuentra bloqueada en los polos, en los glaciares del Antártico, Groenlandia, etc.; el resto del agua potable es subterránea y se encuentra en la parte superior de la corteza terrestre o es superficial, acumulada en ríos, arroyos y lagos, de aquí la necesidad de cuidarla y preservarla, pues, para que llegue a las comunidades y ciudades se requieren de procesos complejos de extracción, transporte, almacenaje y distribución (Isan, 2017).

Las actividades del hombre han modificado seriamente este ciclo, la deforestación y los altos procesos de urbanización han generado que exista poca o nula filtración a los mantos freáticos, alterando su distribución y las reservas disponibles en los yacimientos subterráneos; a lo que hay que agregar el problema del calentamiento global de la tierra, a esta escasez del agua se le suma el problema de la contaminación (Coutiño, 2008; Isan, 2017).

#### **1.2.2.2.2. Agua como transmisor de microorganismos**

El agua contaminada puede transmitir infinidad de patógenos con comportamientos y resistencias diversas. Dentro de los patógenos a determinar los parásitos son de especial relevancia pues se destacan por su alta resistencia a los diversos factores ambientales además se encuentran relacionados con altos índices de morbilidad y mortalidad en los países en desarrollo (Menocal y Carballo, 2014). A nivel mundial la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que al menos 2000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable que está contaminada por heces (animales o humanas) y se calcula que su contaminación provoca más de 502 000 muertes por diarrea al año (OMS, 2017; UNESCO, 2017), lo que puede originar epidemias (Cotruvo *et al.*, 2004). Las aguas superficiales así como subterráneas normalmente contienen impurezas y diversos microorganismos, incluyendo patógenos (Ríos *et al.*, 2017). Diversas investigaciones sobre

contaminantes del agua han demostrado que los microorganismos de origen fecal son comunes, tales como las bacterias coliformes totales y *Escherichia coli*, utilizadas como indicadores de contaminación fecal en agua y alimentos, lo cual significa que su detección es una señal de posible presencia de organismos enteropatógenos (Chávez *et al.*, 2006).

Investigaciones al respecto se realizaron por Vergara *et al.* (2014), al realizar un estudio descriptivo retrospectivo de casos de intoxicaciones e infecciones alimentarias notificados al Departamento de Epidemiología, en este estudio, la mayor incidencia reportada se presentó en municipios rurales, involucrando alimentos lácteos en 37% los casos, seguido de hortalizas y legumbres con 33% y agua 26%; se identificaron coliformes como agente etiológico de enfermedades transmitida por alimentos (ETA) en 47% de casos seguido de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* con 26% y 22%, respectivamente.

En Michoacán, México se analizó la condición microbiológica del agua, resultando deficiente por la presencia de 35 especies coliformes termotolerantes; diez fueron coliformes de alta importancia patogénica (CAIP); la contaminación fue más severa en el periodo lluvioso por el incremento significativo en la riqueza de CAIP, el 45% de la población declaró padecer anualmente enfermedades transmitidas por el agua (diarreas, dolor abdominal, fiebre y vómitos), aunque el 72% de los casos que acuden a los servicios médicos quedaron sin diagnóstico clínico; la mayor contaminación por CAIP en el periodo lluvioso responde al transporte y lixiviación de desechos fecales acumulados en el periodo seco en áreas ribereñas, provenientes del ganado, fauna silvestre y población humana sin servicios sanitarios (Burgos *et al.*, 2017). Así mismo, Godoy *et al.* (2003) reportaron una incidencia del 51% de gastroenteritis; los porcentajes de los síntomas fueron: fiebre, 27%; diarrea, 87.5%; náuseas, 50.7%; vómitos, 30.3%, y dolor abdominal, 80.0% y el único factor que presentó un riesgo fue el consumo de agua de la red (RR = 11.0; IC del 95%, 1.6-74.7); la calificación sanitaria del agua fue de potabilidad, por ello, consideran la posibilidad de la aparición de brotes causados por agua clorada de suministro público por brotes por virus y protozoos, esto pone en evidencia la posible transmisión de muchos enteropatógenos, en especial patógenos zoonóticos (Olivas *et al.*, 2013).



### **1.2.2.2.3. Contaminación del agua por *Cryptosporidium***

Diversos estudios se han publicado respecto a brotes por criptosporidiosis por consumo de agua con este microorganismo, ya sea por aguas recreativas como son piscinas, aguas de ríos e incluso redes de agua potable, demostrando con ello que existen fallas en los métodos de tratamientos (Cordero del Campillo, 2002; Luna *et al.*, 2002; Díaz *et al.*, 2003; Fayer, 2004; Vitoria *et al.*, 2014).

El brote más importante causado por *Cryptosporidium* tuvo lugar en 1993 en Milwaukee, EE.UU., donde se estimaron unos 403,000 casos de infección de *Cryptosporidium* a consecuencia del abastecimiento de agua, atribuyéndose la muerte de alrededor de 100 personas inmunocomprometidas a causa de esta enfermedad (Mac kenzie *et al.*, 1994); las intensas precipitaciones que tuvieron lugar con anterioridad en la zona y el elevado censo de ganado bovino existente en las inmediaciones del lago se consideraron factores que contribuyeron al brote (Peng *et al.*, 1997).

Estudios realizados por Daniels *et al.* (2015) en la India encontraron *el* protozooario en agua de pozos (207) en un 10% y en estanques (94) en un 37%. Por otra parte, al analizar aguas de canales en Amsterdam, se observó un elevado número de indicadores fecales y presencia de microorganismos patógenos como *Salmonella*, *Campylobacter*, *Cryptosporidium*, *Giardia*, rotavirus, norovirus, enterovirus y reovirus (Schets *et al.*, 2008); de la misma manera al analizar muestras de agua, provenientes de drenes y canales que desembocan en el Río Bravo, en ambos lados de la frontera Juárez-El Paso se mostró la presencia del patógeno en concentraciones mayores a las dosis infectivas para humanos (Serrano *et al.*, 2008).

#### **1.2.2.2.3.1. Concentración y viabilidad de *Cryptosporidium* en aguas**

Además de la prevalencia en aguas, estudios acerca de la concentración de *Cryptosporidium* en aguas se reportan en España, 18.4% (7 ooquistes/L) en canales de riego cuya agua es utilizada tanto para fines agrícolas como de consumo humano (Gracenea *et al.*, 2011); en aguas superficiales de Canadá, 75% (26.13/100 L), donde también se observó efecto de estacionalidad (otoño y verano) y así mismo asociadas con la estacionalidad de infecciones humanas de esa región (Lapen *et al.*, 2016). Por otra parte, Castro-Hermida *et al.* (2010) realizaron un estudio en municipios de Galicia,

España, al analizar aguas recreativas, se observaron formas infectantes de *Cryptosporidium* spp en 57.1% (1 a 60 ooquistes/L); al considerar los afluentes de las plantas potabilizadoras, se detectaron ooquistes en 40.4% (1 a 13 ooquistes/L), en los efluentes, se identificaron ooquistes en 32.7% (1 a 4 ooquistes/L), con un porcentaje medio de viabilidad del 90%, independientemente la procedencia en las muestras; así mismo, en Bogotá, Colombia, se analizaron aguas residuales y potables, y sólo en un punto de muestreo correspondiente a agua residual se observó viabilidad positiva y concentración de 266.3 ooquistes/L; sin embargo, las formas quísticas encontradas no presentaron viabilidad para el caso del agua potable, difiriendo de lo observado en México, por Díaz *et al.* (2003) quienes reportaron en agua potable una prevalencia del 69% y concentración de 4.75/1000 L y 10 o más ooquistes viables lo que implica un riesgo potencial mucho mayor para la población.

#### **1.2.2.2.4. Contribución de los animales a la contaminación del agua**

El efecto de las actividades agrícolas y ganaderas y su contribución a la contaminación de aguas son de gran importancia (Gracenea *et al.*, 2011; Tryland *et al.*, 2011; Kolören *et al.* 2017), ya que la gestión adecuada de los residuos ganaderos es fundamental para evitar la contaminación ambiental. Al respecto, Sischo *et al.* (2000) comprobaron que el factor más importante en el aumento de la detección de ooquistes de *Cryptosporidium* spp en agua superficial fue la frecuencia del esparcimiento del estiércol en los pastos, también se observó un aumento de las concentraciones *Cryptosporidium* en aguas superficiales coincidiendo con el período de partos y la época de abonado de las tierras (Farizawati *et al.*, 2005; Keeley y Faulkner, 2008; Robinson *et al.*, 2011). Los abonos orgánicos que se mezclan con las tierras de cultivo en épocas de lluvias pueden ser arrastradas a los cuerpos de agua más cercanos, estos eventos hidrológicos facilitan la exportación de ooquistes de la superficie de la tierra al agua superficial (Keeley y Faulkner, 2008; Burgos *et al.*, 2017). En terrenos llanos y previamente abonados, se ha comprobado que tras el regadío, más del 70% de los ooquistes de *Cryptosporidium parvum* se pueden recuperar en una capa de dos centímetros de suelo, mientras que en un terreno con una pendiente del 7.5%, se produce el arrastre de los ooquistes por las aguas de escorrentía (Mawdsley *et al.*, 1996). Determinados factores ambientales, por ejemplo, las fuertes

lluvias, aumentan la frecuencia de los brotes de transmisión hídrica, esto es debido a la contaminación de las aguas superficiales por el arrastre de las formas parasitarias presentes en el suelo (Curriero *et al.*, 2001; Kistemann *et al.*, 2002). Estas precipitaciones disminuyen la velocidad de sedimentación de los ooquistes debido al aumento de la velocidad de los cursos de agua, favoreciendo así una mayor dispersión (Ono *et al.*, 2001). Castro-Hermida *et al.* (2011) describieron la dispersión ambiental de *Cryptosporidium* spp en dos áreas claramente diferenciadas de Galicia: 1) costera, turística, con una alta densidad de población y 2) interior, agrícola, con un elevado censo ganadero; en las dos zonas de estudio se analizaron muestras fecales de animales domésticos y silvestres y muestras de agua (afluente y efluente) de ETAPs (Estación Tratadora de Aguas Residuales) y EDARs (Estación Depuradora de Aguas Residuales); en la zona 2, los animales tuvieron prevalencias medias de cryptosporidiosis (13.7%) significativamente superiores ( $P < 0.05$ ) a las halladas en los animales de la zona 1; también fue superior el porcentaje de ETAPs en las que se detectaron formas infectantes del parásito, aunque estas diferencias no fueron significativas; además, en las EDARs de esta zona se detectaron concentraciones medias de ooquistes significativamente superiores ( $P < 0.05$ ) a las halladas en las EDARs de la zona 1; en los animales, se identificaron *Cryptosporidium andersoni*, *Cryptosporidium parvum* y en la zona 2, la contaminación de las aguas residuales fue mayor. Por otro lado, al determinar el efecto de la actividad ganadera sobre la contaminación de las aguas superficiales por *Cryptosporidium* spp y *G. duodenalis* se realizó un estudio longitudinal en una cuenca hidrográfica con elevado censo ganadero, con un seguimiento anual (primavera, verano, otoño e invierno) en 29 puntos del sistema hidrográfico y en 18 granjas de ganado bovino y se confirmó la elevada prevalencia de la cryptosporidiosis y de la giardiosis en las explotaciones de ganado bovino estudiadas y la contribución de estos animales a la contaminación de la cuenca hidrográfica (Castro-Hermida *et al.*, 2009).

### **1.2.2.3. Situación de *Cryptosporidium* en animales domésticos**

#### **1.2.2.3.1. Prevalencia de *Cryptosporidium* en animales domésticos y salvajes**

*Cryptosporidium* es un protozooario que parasita una amplia gama de vertebrados y su prevalencia ha sido reportada en la mayoría de los animales (Appelbee *et al.*, 2005; Venturini *et al.*, 2006; Daniels *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2018), siendo una de las principales los bovinos (Farizawati *et al.*, 2005; Fayer *et al.*, 2005; Cano *et al.*, 2011; Sharma y Busang, 2013; Ryan *et al.*, 2014). Al respecto, en un estudio epidemiológico en China, mostró que la tasa de infección general fue de 14.50%, con diferente prevalencia observada entre ganado con distintos propósitos de producción (Wang *et al.*, 2017); en Bogotá, Colombia, se realizó una investigación en fincas lecheras y se reportó una prevalencia del 4.9% en terneros (Hernández y Cortéz, 2012); mientras que en México, una mayor prevalencia se encontró en Veracruz, al analizar heces de becerros mostrando una prevalencia general del 35.7% (Cano *et al.*, 2011); y en Venezuela, en vacas de doble propósito en etapa de postparto, los resultados mostraron que el 57% excretaron ooquistes de *Cryptosporidium*, y en bucerros la prevalencia fue confirmada en 88% en éstas crías (Díaz *et al.*, 2002; Díaz *et al.*, 2012).

En la investigación realizada Venturini *et al.* (2006) se detectó 19.46% *Cryptosporidium* en animales domésticos (perros, gatos, ovinos, cabras, equinos, cobayos) y monos de zoológico, así como en otras especies no convencionales con el 5.4% detectada en zorros y visones (Yang *et al.*, 2018).

#### **1.2.2.3.2. Prevalencia de *Cryptosporidium* en ovinos**

La prevalencia de *Cryptosporidium* en ovinos se ha reportado mundialmente en Irán con 11.3% (Gharekhani *et al.*, 2014), India 45% (Ahamed *et al.*, 2015), Egipto 2.50% (Mahfouz *et al.*, 2014), Bélgica 13.1% (Geurden, *et al.*, 2008) y México 34.33% (Alonso *et al.*, 2005). En la provincia de Qinghai, China, que se caracteriza por tener climas de veranos frescos e inviernos fríos y prolongados, se condujo una investigación en ovinos que se agruparon en edades menores a un año, de uno a dos años y mayores a dos años y la prevalencia global fue del 12.3% (Li *et al.*, 2016). Koinari *et al.* (2014) al realizar un estudio en Papúa Nueva Guinea con 276 ovinos pastoreados en áreas cercadas y por la noche mantenidos en alojamientos con pisos de madera, obtuvo una prevalencia de 2.2%, y señalan que ésta podría estar

subestimada pues la mayoría de los animales eran adultos. En Brasil, un experimento con 50 ovinos mantenidos bajo un sistema semi-intensivo detectó ooquistes de *Cryptosporidium* en 36% de los animales evaluados, con un número significativo de animales asintomáticos (Bueno *et al.*, 2017). De igual manera, infecciones asintomáticas se observaron en 11.3% (198/1749) en corderos bajo un sistema de alimentación semi-intensivo; contrario a lo observado por Baris *et al.* (2009) en Turquía, quienes encontraron como prevalencia un 38.8% (155 /400), de los cuales el 81.3% de los corderos evidenció signología clínica.

Estudios epidemiológicos conducidos en México se realizaron por Alonso *et al.* (2005) en el centro del país y encontraron una prevalencia general del 34.33% del total de animales muestreados (1 200 ovejas y corderos) que se encontraban bajo distintos sistemas de producción. En la región de la Huasteca Alta del Estado de Veracruz, ovinos en sistema de producción extensiva fueron analizados y se identificó una prevalencia de 19.52% (Guillén *et al.*, 2013), así mismo en el municipio de Perote (región centro-oeste de Veracruz) se examinaron 80 ovinos resultando una prevalencia de 67.5% (Romero *et al.*, 2016); y en Tlalpujahua, Michoacán se identificó una prevalencia de 95.12% (Alonso *et al.*, 2016). La comparación de las prevalencias de *Cryptosporidium* en animales entre los países incluso entre regiones debe interpretarse con cuidado ya que las características de los animales y sus condiciones de crianza varían en gran medida y pueden cambiar según los factores de riesgo asociados al protozoario.

#### **1.2.2.4. Factores de riesgo asociado a *Cryptosporidium* en ovinos**

Las infecciones por *Cryptosporidium* spp están asociados a un amplio espectro de factores, que interactúan propiciando la presentación del protozoario en diferentes niveles, estos factores pueden ser ambientales como la época del año, sistemas de producción, agua, higiene (Baris *et al.*, 2009; Hernández y Cortéz, 2012; Bueno *et al.*, 2017), así como el de las características propias del animal como la edad, etapa productiva e interacción con otros microorganismos (Fayer *et al.*, 2000; Castro-Hermida *et al.*, 2002; Díaz *et al.*, 2002; Khezri *et al.*, 2013; Alonso *et al.*, 2016).

#### **1.2.2.4.1. Factor edad**

La edad de los animales es considerada como un factor predisponente a la cryptosporidiosis en distintas especies animales (De Graaf *et al.*, 1999; Bejan *et al.*, 2009; Essa *et al.*, 2014; Zucatto *et al.*, 2015). En el ganado, los primeros treinta días de vida son los de mayor susceptibilidad a sufrir de diarreas a causa de *Cryptosporidium* incluso, se puede originar en las primeras horas de vida cuando el recién nacido ingiere ooquistes que se encuentran en el ambiente (Tizipori, 1985). En un estudio epidemiológico realizado en 89 explotaciones de la provincia de Zaragoza sobre un total de 583 corderos de 1 a 3 meses de edad, la infección fue más frecuente en los corderos de 1 a 21 días (66.4%) que en los de 22 a 90 días (23%) y la prevalencia fue máxima en corderos de 8 a 14 días (76.2%) (Quílez *et al.*, 2003). De igual manera, Guillén *et al.* (2013) recolectaron muestras de heces de corderos de 7 a 21 días de edad, siendo los corderos del grupo de 7 a 14 días los que presentaron mayor prevalencia y este mismo factor se observó al analizar corderos en grupos de edad de 1 hasta mayores de 21 días, observando una prevalencia en menores de 7 días (44.4%), 8 a 14 (37.5%) 15 a 21 (40%) y mayores de 21 (22.0%), donde la tasa más alta de infección por *Cryptosporidium* fue el grupo de edad de menos de 7 días de edad (Baris *et al.*, 2009). En otras investigaciones con corderos de mayor edad reportadas por Gharekhani *et al.* (2014) observaron diferencias entre animales menor de un año 16.7% y los mayores a un año 8.8%; así como el estudio de Bueno *et al.* (2017) en los corderos de entre 0 y 12 meses de edad, un 46% mostró protozoos en las heces, y los que tenían entre 13 a 48 meses de edad se observaron en un 27%. Otros estudios realizados por Alonso *et al.* (2005, 2016), no encontraron diferencias entre los grupos de edades analizados, menores de 30 días y 60 días, respectivamente.

#### **1.2.2.4.2. Factor estacionalidad**

Estudios conducidos con la finalidad de identificar la asociación entre la época del año y *Cryptosporidium* han demostrado la asociación entre estos factores (Palacios *et al.*, 2017; Toledo *et al.*, 2017). Un estudio conducido por Green *et al.* (2004) mostró que la mayor incidencia de ooquistes coincidieron con los meses lluviosos del año; de las 184 muestras tomadas durante el período de mayor precipitación, 102 (55.4%)

mostraron ooquistes de *Cryptosporidium*, mientras que solo 31 (17.3%) de los 179 muestras tomadas durante el período con poca lluvia fueron positivos. Así mismo, Bueno *et al.* (2017) evidenciaron una alta incidencia del protozooario durante la temporada de lluvia en ovinos jóvenes. Una investigación realizada durante un año registró la mayor tasa de infección en verano (46.39%) luego primavera (45.65%), otoño (24.18%) y finalmente invierno (16.33%), atribuyendo las diferencias a la variación en las condiciones ambientales (Essa *et al.*, 2014). Por el contrario, el análisis de época de invierno, verano, época denominada lluviosa y época post monzón, reveló la mayor infección durante los meses de invierno (73.33%) y varió significativamente en comparación con otras temporadas y la probabilidad de ocurrencia fue 6.41 veces mayor que los meses de verano, posiblemente debido a que la época de parto generalmente se produce en esa temporada (Ahamed *et al.*, 2015). Por otra parte, Castro-Hermida *et al.* (2002) no observaron una asociación significativa entre la época del año y la prevalencia de la infección, posiblemente debido a la ausencia de notables cambios climáticos en Galicia durante todo el año y la falta de una temporada particular de partos.

#### **1.2.2.4.3. Factor sistema de producción**

Existen varios sistemas de producción ovina, que se desarrollan en pastoreo, en estabulación o en la combinación de estas dos modalidades, llamada semi-intensiva. Algunos estudios realizados bajo sistemas semi-intensivos reportan prevalencias de 36% y 11.3% (Gharekhani *et al.*, 2014; Bueno *et al.*, 2017). Algunas investigaciones comparan sistemas de producción y su relación con *Cryptosporidium* como la realizada por Alonso *et al.* (2005) quienes encontraron un alto nivel de infección en los sistemas extensivos con 54.1% y bajo en los intensivos con 2.7% ( $P < 0.10$ ). A diferencia de lo observado por Castro-Hermida *et al.* (2002) donde el porcentaje de parasitación en terneros nacidos bajo condiciones de cría intensiva y semi-intensiva fueron 45.9 y 50.4%, respectivamente, y mostró que el régimen de la granja no tenía ningún efecto sobre el riesgo de infección por el protozooario. Esto último, coincide con Alonso *et al.* (2016) al dar resultados resultados similares, con 90% de *Cryptosporidium* spp en sistemas productivos semi-intensivos y el 96% en el extensivo; resultados similares

los reporta Romero *et al.* (2016) debido a las deficientes condiciones higiénicas sanitarias en los sistemas.

#### **1.2.2.4.4. Factor consistencia de heces**

La presencia de diarrea frecuentemente es asociada con *Cryptosporidium*, así lo describe un estudio realizado en buceros al observar un alto grado de asociación entre la infección con *Cryptosporidium* y la consistencia de las heces, lo que sugiere que puede tener importancia clínica (Díaz *et al.*, 2012). Así también en terneras, al presentarse el 52.5% de terneras parasitadas con heces líquidas en comparación con el 2.2% que presentaban excremento sólido (Castro-Hermida *et al.*, 2002); y en cabritos se observó diarrea en el 82.5% y el 13.5% de los cabritos sin diarrea (Bejan *et al.*, 2009). En corderos se reportaron tasas de infección significativamente más altas en los grupos diarreicos (64%) que en los no diarreicos (4.06%) (Khezri y Khezri, 2013) y en un menor porcentaje pero con asociación de diarreas lo reportó Baris *et al.* (2009) con infecciones del 49.5% de los corderos analizados. Ahamed *et al.* (2015) al analizar la presencia de corderos diarreicos, el parásito estuvo fuertemente asociado con una alta probabilidad de diarrea (54.41%), aunque la evidencia es insuficiente para concluir que este protozoo fue la causa principal de diarrea ya que otros agentes (*Escherichia coli*, rotavirus, virus Corona) también estuvieron involucrados en la diarrea de los rumiantes neonatales que no fueron examinados en el estudio. Estos resultados contrastan con otros autores que mencionan la presentación asintomática por *Cryptosporidium* (Gharekhani *et al.*, 2014; Alonso *et al.*, 2016; Romero *et al.*, 2016), como el realizado en becerros neonatos al observar diarrea solo en 20.6% causada por el protozoo el cual no fue determinante en el desarrollo del cuadro de diarrea (Valera *et al.*, 2001).

#### **1.2.2.4.5. Factor Agua de consumo**

Para comprobar la transmisión de *Cryptosporidium* a través del agua en pequeños rumiantes, se recogieron un total de 200 muestras de agua de diferentes fuentes, es decir, 50 de agua de grifo, 50 de agua de botella mineral, 50 de pozo y 50 de agua de canal, se observó una prevalencia general del 10.5% y por tipo de agua las muestras contenían 28% de ooquistes de *Cryptosporidium parvum* en agua del canal, 8% en agua del grifo y 4% en agua subterránea, mientras que no se encontraron



ooquistes en botellas de agua mineral; estadísticamente los datos mostraron que el porcentaje de agua del canal fue significativamente mayor en comparación con otras fuentes de agua (Shafiq *et al.*, 2015). En el estudio realizado por Sischo *et al.* (2000) reportaron la contaminación por *Cryptosporidium* en un sistema de conducción de agua de granjas en Estados Unidos y se asoció al mismo la actividad de esparcimiento de estiércol animal en áreas de cultivo. Al observar el 38.8% de corderos diarreicos Baris *et al.* (2009) atribuyen al agua potable como la posible fuente de contaminación de los animales, de igual forma, Sharma y Busang (2015) tomaron muestras de agua pozos comunales, y se detectó un 4.5% de ooquistes. Mientras que Castro-Hermida *et al.* (2002) al analizar la fuente de un suministro municipal y de un pozo, no tuvo ningún efecto significativo sobre el riesgo de infección; la prevalencia en terneros en las granjas 48.2 y 47.8% para cada tipo de fuente de agua, respectivamente.

## **1.2.2. CRYPTOSPORIDIOSIS**

### **1.2.2.4. Impacto de *Cryptosporidium* en la salud animal**

Los animales generalmente se infectan por el patógeno durante los primeros días de vida (Sánchez *et al.*, 2009) y produce varios síndromes; en vacas y ovejas, provoca enteritis que causa diarrea profusa y algunas veces caquexia; en los caprinos, diarrea fatal; en pavos, pavos reales y otras aves, infecciones respiratorias asociadas con síntomas de severidad variable y mortalidad hasta del 20 a 30%, en estas aves los cambios histológicos consisten en engrosamiento marcado del epitelio de la tráquea, debido a la infiltración de la lámina propia por linfocitos e histiocitos (Gutiérrez, 2009). La principal fuente de infección son las heces excretadas por los animales neonatos con diarrea, vía fecal-oral, aunque también hay que considerar la eliminación de ooquistes por animales adultos que actúan como portadores asintomáticos. Durante el periodo de máxima eliminación, los neonatos infectados pueden excretar entre 10<sup>6</sup> a 10<sup>7</sup> ooquistes por gramo de heces (Fayer y Xiao, 2008; Cacció y Widmer, 2014). Olson *et al.* (2004) observaron que los rebaños que experimentan alta mortalidad y severos signos clínicos son aquellos donde existe pobre inmunidad contra el parásito, disponen de una nutrición inadecuada, presentan infecciones entéricas concurrentes y se aplican deficientes prácticas de manejo. La mortalidad puede ser elevada si se producen infecciones concurrentes con otros

enteropatógenos como *Salmonella* sp, *Escherichia* sp, rotavirus y *Giardia* (Santín, *et al.*, 2006).

En ovejas, se presenta muerte generalmente involucrando animales hasta un mes de edad, la cryptosporidiosis se manifiesta con una diarrea líquida amarillenta de leve a severa con un fuerte olor, depresión, dolor abdominal y anorexia (Castro-Hermida *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2011). Este último es un síntoma bastante constante, responsable del retraso del crecimiento y la pérdida de peso de los animales afectados (en torno a 2 kg durante el primer mes de vida); los síntomas generalmente remiten de 3 a 5 días, aunque en los casos más graves puede prolongarse entre una y dos semanas; a partir del primer mes de vida, la infección habitualmente es subclínica (Sánchez *et al.*, 2009). Las pérdidas económicas asociadas con esta enfermedad no solo se deben a la mortalidad resultante, sino también al retraso en el crecimiento de los animales, el costo de los medicamentos, la asistencia veterinaria y el aumento de la mano de obra (Mallinath *et al.*, 2009).

#### **1.2.2.5. *Cryptosporidium* como zoonosis**

*Cryptosporidium* es un patógeno que se encuentra descrito en todos los continentes (Cordero *et al.*, 2002; Neira, 2005) y en diversas especies; fue informada por primera vez en humanos en 1976, al localizarse en la biopsia rectal de una niña (Nime *et al.*, 1976). La epidemia de mayor relevancia ocurrió en Estados Unidos, en Milwaukee, Wisconsin, donde se infectaron más de 400,000 personas y murieron 100, por el consumo de agua potable contaminada con *C parvum*; la etiología de este brote fue inespecífica por varias semanas, ya que no se sospechó de cryptosporidiosis y los diagnósticos de laboratorio fallaron para reconocer especímenes de *Cryptosporidium parvum* en las muestras fecales (Mac Kenzie *et al.*, 1994; Guerrant, 1997). Diversos estudios han evidenciado la presencia de este parásito en aguas de superficie y en aguas residuales no tratadas y su rol como agente etiológico de diarrea (Madore *et al.*, 1987; Schets *et al.*, 2008; Adamska *et al.*, 2012). En el hombre se han descrito al menos ocho especies que causan infección, *Cryptosporidium hominis*, *Cryptosporidium parvum*, *Cryptosporidium meleagridis*, *Cryptosporidium felis*, *Cryptosporidium canis*, *Cryptosporidium muris*, *Cryptosporidium suis* (Cama *et al.*, 2008), destacando por su frecuencia *Cryptosporidium hominis* y *Cryptosporidium*

*parvum* (Cama *et al.*, 2008; Mercado *et al.*, 2007; Xiao y Ryan, 2004). Algunos autores concuerdan que entre los factores de riesgo se encuentra la profesión u ocupación (Levine *et al.*, 1988; Schets *et al.*, 2008; Neira *et al.*, 2010) como las personas que tienen contacto cercano con animales por recreación u ocupación como médicos veterinarios o estudiantes de esta carrera profesional, técnicos veterinarios, entrenadores, criadores y trabajadores agrícolas (Yang *et al.*, 2018).

La edad es también un importante factor en la adquisición de la enfermedad; en la República Mexicana las enfermedades intestinales infecciosas generan altos porcentajes de morbilidad principalmente en niños de edad escolar y preescolar entre los parásitos comunes se tienen a *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum* (Sánchez *et al.*, 2000). En un estudio realizado en Sonora, México, se encontró que de 100 niños con diarrea, 23.2% se les detectó *Cryptosporidium parvum* (Gómez *et al.*, 1996), mientras que en muestras de agua potable tomadas en Hermosillo, Sonora, 37% contenía ooquistes, lo que significa un riesgo potencial para la población y la importancia de la hidrotransmisión para adquirir este padecimiento (Díaz *et al.*, 1999). Al considerar condiciones ambientales y hábitos se encontró una asociación estadísticamente significativa entre la presencia de animales en la vivienda e infección por *Cryptosporidium* spp, es decir, las personas positivas para *Cryptosporidium* spp que tenían animales en casa en su mayoría poseían perros [4/5 (80%)] (de la Ossa *et al.*, 2007). Así mismo, Yang *et al.* (2017) realizaron una investigación en una comunidad del suroeste de China, en donde la mayoría de los participantes tenían malas condiciones de vida y hábitos de higiene insatisfactoria con muy bajo nivel socioeconómico; la posesión de ganado o aves de corral fue un factor de riesgo importante para la infección por *Cryptosporidium* (OR=2.27, 95% CI:1.01-5.08, P <0.05). Por su parte, El-Badry *et al.* (2015) colectaron muestras de pacientes diarreicos y detectó al protozoario a lo largo del año con un 19.5%, observando una endemicidad distinta de la estacionalidad y con predominio antroponótico por *Cryptosporidium hominis* (95.8%), seguido de *Cryptosporidium parvum* (3.0%) y dos casos restantes no fueron tipificados.

### 1.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN E INVESTIGACIONES EN *Cryptosporidium*

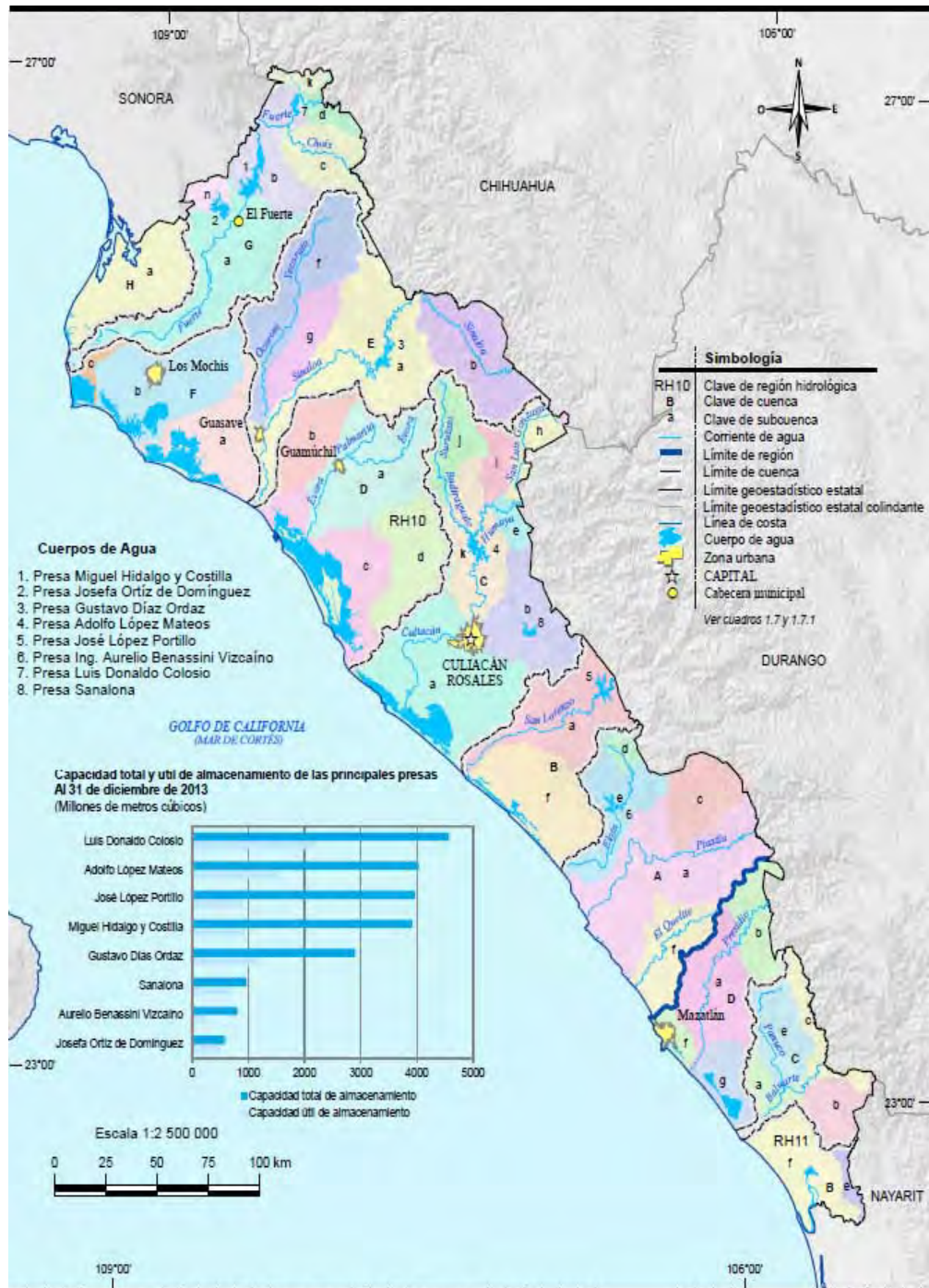
#### 1.2.3.4. Características hidrológicas y productivas de la región

El estado de Sinaloa abarca una superficie de 58,328 km<sup>2</sup> ubicados en la costa del Pacífico, el noroeste de México, colindando al norte con Sonora y Chihuahua; al sur con Nayarit y el océano Pacífico; al este con Chihuahua, Durango y Nayarit, y al oeste con el Golfo de California; representa el 2.9% del territorio nacional; está dividido en 18 municipios y su capital es la ciudad de Culiacán Rosales (INEGI 2017).

Las aguas superficiales del Estado de Sinaloa están distribuidas en dos regiones hidrológicas: RH10 Sinaloa y RH11 Presidio-San Pedro (Figura 4); **la región hidrológica RH10 Sinaloa** cubre el 85.45% de la superficie estatal, drenando las aguas del centro y norte de la entidad directamente hacia el Océano Pacífico, las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son (de norte a sur): Estero de Bacarehuis (3.41%), Río Fuerte (11.36%), Bahía Lechuguilla-Chuira-Navachiste (6.93%), Río Sinaloa (15.46%), Río Mocorito (11.9%), Río Culiacán (15.98%), Río San Lorenzo (7.24%) y Río Piaxtla-Río Elota-Río Quelite (13.17%); **la región hidrológica RH11 Presidio-San Pedro** cubre el 14.55% de la superficie estatal, drenando las aguas del sur de la entidad directamente hacia el Océano Pacífico. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son (de norte a sur): Río Presidio (6.56%), Río Baluarte (5.18%) y Río Acaponeta (2.81%). Los cuerpos de agua son: Josefa Ortiz de Domínguez, Miguel Hidalgo (El Mahone), Luis Donald Colosio (Huites), Guillermo Blake Aguilar (Sabinal), Gustavo Díaz Ordaz (Bacurato), Eustaquio Buelna, Adolfo López Mateos (Varejonal), Vinoramas, Sanalona, José López Portillo (Comedero), Aurelio Benassini (El Salto), Santa María y El Tamarindo (CONAGUA, 2014; INEGI, 2017).

Los grandes volúmenes de agua que aportan ríos y presas han permitido que Sinaloa alcance un desarrollo muy importante en la agricultura, donde se practica la más tecnificada del país, lo que le permite lograr una gran productividad (SIAP, 2018). Las actividades económicas de Sinaloa con mayor producción se encuentran en Culiacán debido a la infraestructura que posee, a Culiacán le corresponde el 32.5% de la industria total (CONAGUA, 2014).

La hidrografía del municipio de Culiacán está compuesta por las cuencas del Río Culiacán (66.50%), Río San Lorenzo (28.05%), Río Mocerito (0.80%) y ocho subcuencas; la del Río Culiacán (29.77%), Río Tamazula (23.17%), Arroyo de Tacuichamona (17.11%), Río Humaya-presa Adolfo López Mateos (11.30%), Río San Lorenzo (10.94%), Río Humaya (2.26%), Arroyo Pericos (0.80%) (CONAGUA, 2014). Según datos del SIAP, la producción agrícola alcanzó un valor total de 410 mil millones de pesos, de los 2,457 municipios de nuestro país, 35 contribuyeron con una cuarta parte de ese total empleando 12.5% de la superficie cosechada del país donde Sinaloa se encuentra en el primer lugar y el principal municipio que contribuyó a esta producción fue Culiacán con 178,793 hectáreas de superficie cosechada, con un valor de producción equivalente a más de 200 millones USD (SIAP, 2018).



Fuente: INEGI. Información Topográfica Digital, Escala 1: 250 000, serie III.  
 INEGI-CONAGUA. 2007. Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México, Escala 1: 250 000.  
 INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, Escala 1: 250 000, serie I.  
 Comisión Nacional del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Norte. Dirección Técnica. Dirección de Infraestructura Hidroagrícola.

Figura 4. Ríos y cuerpos de agua de Sinaloa (INEGI, 2017).

La ganadería también es una importante actividad en Culiacán, la cría y engorda de ganado bovino, caprino, ovino y porcino, producción de carne y leche derivados de estas especies colocan al municipio en el liderazgo nacional de esta industria (SIAP, 2018).

#### **1.2.3.5. Producción ovina**

Durante el año 2016 el valor de la producción pecuaria en Sinaloa fue de 12 mil 179 millones de pesos, el volumen de la producción pecuaria fue de 241 mil 730 toneladas, correspondiendo 1431 toneladas a ovinos (CODESIN; 2016); y en el municipio la producción de ganado ovino en pie fue de 239 toneladas y en canal una producción de 124 toneladas (SIAP, 2017).

La producción con rumiantes se realiza en una amplia gama de sistemas productivos, que van desde los altamente tecnificados e integrados, hasta los sistemas de tipo tradicional, orientados principalmente hacia el autoconsumo de las familias (Martínez *et al.*, 2017). De acuerdo con la intensidad del régimen de producción se dividen en: intensivo, semi-intensivo y extensivo (Partida *et al.*, 2013).

El sistema de producción intensivo busca maximizar la producción; son unidades de producción con gran utilización de insumos y tecnología, con eficiencia terminal y productividad alta (Figura 5). La alimentación se basa en el uso de dietas integrales que son proporcionadas a libre acceso, o se emplea la combinación de forrajes de buena calidad con alimentos concentrados, buscando tener una mejor conversión alimenticia y máxima eficiencia de transformación, pues estos sistemas requieren producir de la manera más rápida posible para dar dinamismo a la inversión y lograr una mayor velocidad en el retorno del capital (Partida *et al.*, 2013). Aquí se incluyen sistemas de engorda de corderos en corral, independiente del origen de los corderos, también sistemas de cría/engorda con la utilización de praderas mejoradas bajo pastoreo intensivo y finalización de los corderos en corral (Macedo y Castellanos, 2004). Así mismo, los sistemas intensivos procuran tener la mayor eficiencia reproductiva (5 o más parto en 3 años), la mínima mortalidad (<6%) y la mayor cantidad de kilogramos de cordero destetado por hembra (>25 kg), ya sea su fin la obtención de pie de cría o de corderos para el abasto (Partida *et al.*, 2013).



Figura 5. Sistema de producción ovina intensiva.

El sistema de producción semi-intensivo se basa en gran parte en el pastoreo, y utilizan moderadamente tecnología e insumos; usualmente, los animales pastorean en potreros o plantaciones de árboles en las primeras horas de la mañana y regresan por la tarde, además, reciben alimentación complementaria que pueden ser basada en esquilmos agrícolas y granos de cereales o se proporciona alimento comercial; en estos sistemas también se tienen algunos cuidados sanitarios y se lleva a cabo el manejo reproductivo del rebaño (Partida *et al.*, 2013). La meta principal de las unidades de producción es obtener animales para el abasto o para pie de cría (Martínez *et al.*, 2017).



Figura 6. Sistema de producción ovina semi-intensiva.



El sistema extensivo para la producción de ovinos se caracteriza porque la alimentación del rebaño depende exclusivamente del pastoreo que se hace de manera continua (Figura 7), moviendo a los animales de un área a otra por un pastor en el día y confinándolos en corrales durante la noche (Partida *et al.*, 2013). El pastoreo se realiza sin vigilar la carga animal y manejo sanitario nulo o muy limitado, este sistema basa la alimentación en el pastoreo de áreas marginadas; el rebaño se mantiene como una sola unidad, por lo tanto, el manejo y uso de tecnología es reducido, el empadre ocurre en forma continua e indiscriminada, con hembras de todas las edades y regularmente el macho se mantiene con las hembras durante todo el año (Martínez *et al.*, 2017), por lo que hay partos en diferentes épocas del año, concentrándose los nacimientos en otoño-invierno y se presenta un alto grado de consanguinidad (Partida *et al.*, 2013). Los sistemas extensivos tienen como objetivo común la producción de animales para el abasto, por lo tanto, la producción de carne representa el producto principal (Vega *et al.*, 2014). Durante los últimos años se han introducido razas de pelo (Pelibuey, Black Belly, Katahdin y Dorper) destinadas a la producción de carne, que por su origen africano manifiestan una fuerte adaptabilidad a las condiciones de la región (Partida *et al.*, 2013). Las unidades de producción se encuentran distribuidas en toda la zona tropical y en las zonas áridas y cercanas a los grandes centros de población y consumo (Martínez *et al.*, 2017).



Figura 7. Sistema de producción ovina extensivo.

### 1.2.3.6. Antecedentes de *Cryptosporidium* en la región

Investigaciones en muestras ambientales de Sinaloa se han publicado por Chaidez *et al.* (2005) quienes realizaron un estudio en aguas de canal y aguas de empaque para lavado de cultivos hortícolas y determinaron la presencia de ooquistes de *Cryptosporidium*, las muestras se colectaron de acuerdo a los métodos reglamentarios de Recolección de Información de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (ICR, USEPA, 1996) y 48% de las muestras de agua superficial resultaron positivas para los ooquistes de *Cryptosporidium*. Los rangos de concentración para los oocistos de *Cryptosporidium* fueron de 17 a 200 por 100 L. El 16% de los tanques de agua de lavado resultaron positivos para los oocistos de *Cryptosporidium*.

En zoológicos de la ciudad de Culiacán se recolectaron 27 muestras de heces de diversos herbívoros: antílope sable (*Hippotragus niger*), arruí (*Ammotragus lervia*), asno (*Equus africanus asinus*), avestruz (*Struthio camelus*), blackbuck (*Antelope cervicapra*), canguro rojo (*Canga Saltarinus*), capibara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), cebras (*Equus zebra*), ciervos del Padre David (*Elaphurus davidianus*), gaur (*Bos gaurus*), gran kudú (*Tragelaphus strepsiceros*), hipopótamos (*Hippopotamus amphibius*), jirafas (*Giraffa camelopardalis*), liebre de la Patagonia (*Dolichotis patagonum*), muflón (*Ovis orientalis musimon*), ñú Azul (*Connochaetes taurinus*), orix (*Orix dammah*) y venado axis (*Axis axis*), los cuales se analizaron mediante la Técnica de Elisa (Kit Comercial Pourquier de los Laboratorios IDEXX), el resultado obtenido fue del 16.6% de prevalencia a *Cryptosporidium parvum* (Castro-del Campo *et al.*, 2012<sup>a</sup>); así mismo se analizaron 25 primates papión sagrado (*Papio hamadryas*), mono rhesus (*Macaca mulatta*), mono araña (*Ateles*), mono patas (*Erythrocebus patas*), mono Java (*Homo erectus erectus*) y mono Capuchinos (*Cebus*) mono Pigmeo (*Cebuella pygmaea*), lémur (*Lemuroidea*), estos dos últimos con resultado negativo, y del resto de animales se obtuvo el 60% de prevalencia a *Cryptosporidium parvum* (Castro-del Campo *et al.*, 2012<sup>b</sup>) y en 27 felinos muestreados, tigre de bengala (*Panthera tigris tigris*), lobo ibérico (*Lynx pardinus*), león (*Panthera leo*), jaguar (*Panthera onca*), puma (*Felis color*), gato montés (*Leopardus geoffroyi*), Civeta (*Paradoxurus hermaphroditus*), obteniendo 29.6% (Castro-del Campo *et al.*, 2013).

## **CAPÍTULO 2. PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A *Cryptosporidium spp* EN CORDEROS DE PELO DEL MUNICIPIO DE CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO**

De acuerdo con la reglamentación del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, el capítulo 2 se integra por el artículo aceptado o publicado en revistas científicas incluidas en el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) o en *Journal of Citation Reports®*. El escrito que integra este apartado pretende contribuir parcialmente al objetivo general del documento de tesis; el artículo fue publicado en Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia (FCV-LUZ), cuya orientación se define en cuatro núcleos prioritarios de desarrollo científico y tecnológico: Salud Animal, Salud Pública, Reproducción Animal y Producción animal. Además, impulsa actividades con el sector productivo de Latinoamérica lo que constituye un programa muy amplio en investigación científica y tecnológica.

### **Artículo 1.**

---

**Título:** Prevalencia y factores de riesgo asociados a *Cryptosporidium spp* en corderos de pelo del municipio de Culiacán, Sinaloa, México.

**Autores:** Nohemí Castro-del Campo, Nohelia Castro-del Campo, Idalia Enríquez-Verdugo, Jesús José Portillo-Loera y Soila Maribel Gaxiola-Camacho.


**Revista:** Revista Científica, FCV-LUZ.

**Factor de impacto:** .263


**Portada:** Fotografía seleccionada para la portada de revista No. 04 Julio-Agosto 2017.

---

Revista Electrónica:  
Depósito Legal: ppi 201602ZU4886 / ISSN electrónico: 2477-944X  
Revista Impresa:  
Depósito Legal: pp 188102ZU48 / ISSN 0788-2258



**UNIVERSIDAD DEL ZULIA**  
**REVISTA CIENTÍFICA**  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS  
DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN



MARACAIBO, ESTADO ZULIA, VENEZUELA



Vol. XXVII (4), Julio - Agosto, 2017

**REVISTA CIENTÍFICA**

Fundada en 1990

Universidad del Zulia  
Facultad de Ciencias Veterinarias  
Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela

Vol. XXVII (4)  
Julio - Agosto, 2017

**MIEMBROS FUNDADORES**  
José Faria R.  
Mario Pérez B.  
Manuel Alvarado M.

**DIRECTOR FUNDADOR**  
Rafael César Reátegui Cárdenas

**EDITOR JEFE**  
Mario Pérez Barrantos

**COMITÉ EDITOR**  
María Piñero  
Disney Píno  
María Elena Peña  
Armando Quintero  
Roger Ramírez

**COORDINADORA DE EDICIÓN**  
María Esperanza Ferrer Fuenmayor

La edición de esta revista ha sido auspiciada por el Vicerrectorado Académico LUZ, el Sistema de Servicios Bibliotecarios y de Información (Serbiluz) y Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de LUZ (CONDES)

SE AGRADECE CANJE  
EXCHANGE DESIRED

**DIRECCIÓN:**  
Revista Científica  
Universidad del Zulia,  
Facultad de Ciencias Veterinarias  
Núcleo Agropecuario Ciudad Universitaria  
Apdo. 15252, Maracaibo 4005-A  
Estado Zulia-Venezuela  
Telf.-Fax: 58-261-4126158  
E-mail: revistafovc@gmail.com  
http://www.fcv.luz.edu.ve

<http://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica>

El Índice Acumulado Anual aparecerá en el último número de cada volumen.  
No. 6 Noviembre-Diciembre

Esta revista fue editada en formato digital y publicada en octubre de 2016, por el Fondo Editorial Serbiluz, Universidad del Zulia Maracaibo-Venezuela.



### Autoridades Universitarias

Jorge Palencia..... Rector  
Judith Aular de Durán..... Vicerrectora Académica  
María Guadalupe Núñez..... Vicerrectora Administrativa  
Marlene Primera..... Secretaria

### Autoridades de la Facultad de Ciencias Veterinarias

José Manuel Rodríguez..... Decano  
Wilfredo Bríñez..... Director Escuela  
Francisco Angulo..... Director División Postgrado  
José Atilio Aranguren..... Director División Investigación  
Brenda González (e)..... Directora División Extensión  
William Mejía..... Director Centro Experimental de  
Producción Animal (CEPA)  
Fanny Gallardo..... Directora Policlínica Veterinaria  
Decio González..... Secretario Docente  
Jorge Rubio..... Coordinador del Núcleo Rural  
Vicente Vilá..... Coordinador Núcleo Grano de Oro  
Elvis Martínez..... Coordinador Finca San Pedro

### Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico

Gilberto Vizcaino..... Coordinador-Secretario

### Portada:

PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A *Cryptosporidium* spp EN CORDEROS DE PELO DEL MUNICIPIO DE CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO (Págs. 148-156)

La revista no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus autores

Prohibida la reproducción total o parcial del contenido de esta Revista

© REVISTA CIENTÍFICA, 2017  
© FCV, Universidad del Zulia  
Revista impresa  
ISSN 0798-2259  
Depósito Legal: pp 1991022U46  
Revista electrónica  
Depósito Legal: ppl 2015022U4665  
ISSN electrónico: 2477-944X

[www.luz.edu.ve](http://www.luz.edu.ve)

Prevalencia y Factores de Riesgo Asociados a *Cryptosporidium* spp / Castro-del Campo, N. y col.

## **PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A *Cryptosporidium* spp EN CORDEROS DE PELO DEL MUNICIPIO DE CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO**

**Prevalence and risk factors associated to *Cryptosporidium* spp in hair lambs of the Municipality of Culiacán, Sinaloa, México**

***Nohemí Castro-del Campo*<sup>1</sup>, *Nohelia Castro-del Campo*<sup>2</sup>, *Idalia Enríquez-Verdugo*<sup>1</sup>, *Jesús José Portillo-Loera*<sup>1</sup>, y *Soila Maribel Gaxiola-Camacho*<sup>1</sup>\***

*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa.*<sup>1</sup> *Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Culiacán, Sinaloa, México.*<sup>2</sup>  
*José Luis Ceceña Cervantes #2946, Fraccionamiento Universidad 94, C.P. 80059, Culiacán de Rosales, Sinaloa, México. Teléfono + 52 (667)1028476. \*soilagaxiola@uas.edu.mx.*

### **2.1. RESUMEN**

Con el objetivo de determinar la prevalencia y algunos factores de riesgo asociados con *Cryptosporidium* spp en corderos de pelo, se desarrolló un estudio de tipo transversal en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México. Para ello, un total de 23 unidades de producción ovinas (UPO) con dos distintos sistemas de producción fueron evaluadas. En el muestreo se incluyeron corderos entre 1 y 90 días de edad; un total de 1140 muestras fecales fueron teñidas con la técnica Ziehl-Neelsen modificada y examinadas bajo el objetivo de inmersión (100X) para permitir la identificación del protozooario. La prevalencia de *Cryptosporidium* fue del 41,58% [Intervalo de confianza (IC) 95% 38,70; 44,40%], y dentro de las UPO varió de 27,80 a 77,80%; en el conteo semicuantitativo se observó el 61,60% de las muestras con un ooquiste; el riesgo de un animal positivo a *Cryptosporidium* fue 2,2 veces mayor en otoño que en verano y 2,3 veces mayor donde el suministro de agua proviene de dique. En conclusión, la prevalencia de *Cryptosporidium* fue de 41,58%; su presencia se observó en el 100% de las UPO, por lo cual debe considerarse como un problema endémico de la región. Los factores de riesgo asociados a la prevalencia de *Cryptosporidium* fueron la época y la fuente de agua, por lo que deben establecerse estrategias de prevención enfocadas en estos factores que permitan disminuir la presencia de este patógeno.

**Palabras clave:** Prevalencia; *Cryptosporidium*; corderos; factores de riesgo.

Recibido: 13/10/2016 Aceptado: 21/04/2017

## 2.2. ABSTRACT

In order to determine the prevalence and some risk factors associated to *Cryptosporidium* spp in hair lambs, a transversal cross sectional study in the Municipality of Culiacan, Sinaloa, Mexico was developed. A total of 23 sheep production units (SPU) with two different production systems were evaluated. Lambs between 1 and 90 days of age were considered among the animals sampled; a total of 1140 fecal samples were collected and stained with modified Ziehl-Neelsen technique to finally be observed under oil immersion objective (100X) allowing the protozoan identification. The prevalence of *Cryptosporidium* was 41.58% [Confidence Interval (CI) 95% 38.70; 44.40%], and within the SPU ranged from 27.80 to 77.80%. The semiquantitative analysis showed that the 61.60% of samples harbored one oocyst. The risk of having a positive animal to *Cryptosporidium* was 2.2 times higher in Autumn than in Summer and 2.3 times higher where water from dique was provided. In conclusion, the prevalence of *Cryptosporidium* in hair lambs was 41.58%; It's presence was observed in the 100% of the SPU, and therefore it must be considered as an endemic problem of this region. The risk factors associated to *Cryptosporidium* prevalence were season and source of water, which can lead to the establishment of prevention strategies focused on these risk factors that allow diminishing the presence of this pathogen.

**Key words:** Prevalence; *Cryptosporidium*; lambs; factors of risk.

## 2.3. INTRODUCCIÓN

La cryptosporidiosis es una enfermedad parasitaria de distribución mundial, principalmente en climas cálidos y húmedos [23, 27]. Ésta es producida por el protozoo *Cryptosporidium* spp el cual afecta a un amplio rango de hospedadores que incluyen mamíferos, aves, reptiles y peces [49]. Las especies identificadas en ovinos (*Ovis aries*) son *C. parvum*, *C. ubiquitum*, *C. xiao*, *C. hominis*, *C. fayeri* y *C. andersoni* [48] y algunas de éstas de carácter zoonótico, por lo que tiene gran importancia sanitaria, al ocasionar padecimientos como el síndrome de mala absorción, principalmente en hospedadores jóvenes y en individuos inmunocomprometidos [11, 30, 33]. Las pérdidas económicas debidas a los cuadros de infección causadas por este patógeno, ocurren por problemas asociados a diarreas, retraso del crecimiento, pérdida de peso y costos involucrados por tratamientos poco específicos contra este agente [4, 15, 45]. La transmisión se produce vía fecal-oral por ingestión de ooquistes eliminados por otros animales parasitados [35, 36], o por adultos que actúan como portadores asintomáticos [14], así como los animales silvestres [7, 9, 25]. *C. spp* es un enteropatógeno que afecta a los rumiantes durante sus primeras semanas de vida y se considera un importante agente en la etiología del síndrome de diarrea neonatal [15]. Diversos autores coinciden en que factores como la edad, el clima, y el sistema de producción se asocian a la presencia de este protozoario [12, 17, 26]. Estudios epidemiológicos conducidos en centro y sur de México señalan prevalencias de *C. spp* en ovinos que oscilan entre 19,52 y 67,50% [2, 3, 24, 38]. Sinaloa es el Estado que ocupa el primer lugar en producción ovina en el noroeste de México [40], sin embargo, en la región no existe información en relación al parásito en este tipo de ganado, a pesar de las implicaciones sanitarias que provoca *C. spp* en los animales que derivan en un impacto económico. Por lo cual, el objetivo de esta investigación fue determinar la prevalencia de *Cryptosporidium* spp asociada a factores de riesgo en corderos en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México.



## 2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.4.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México ( $24^{\circ} 46' 13''$  LN y  $107^{\circ} 21' 14''$  LO) (FIG. 8). La región se caracteriza por tener un clima BS<sub>1</sub> (h') w(w)(e), el cual se define como clima semiseco, muy cálido, con lluvias en verano, según la clasificación de Köppen y modificada por García [20]; con temperatura promedio anual de 25,9°C, máxima de 30,4°C en junio y julio, y mínima de 20,6°C en enero; la humedad relativa promedio es de 68%, con máxima de 81% en septiembre y mínima de 51% en abril; la precipitación anual promedio es de 688,5 mm [13].



Figura 8. Localización del estado de Sinaloa y municipio de Culiacán en México.

#### 2.4.2. Tipo de estudio y tamaño de muestra

Se realizó un estudio transversal en los meses de julio a noviembre del año 2014. La unidad de muestreo fue la unidad de producción ovina (UPO). Para obtener el número de UPO que se incluyeron ( $n=23$ ) (FIG. 9) se consideró el 100% (13 productores) que integran la Asociación Ganadera Local Especializada de Criadores de Ovinos y Caprinos de Culiacán, y 10 productores no asociados que aceptaron colaborar. Sinaloa tenía registradas 162213 cabezas ovinas, de las que 43,560 correspondían al municipio de Culiacán distribuidas en 125 UPO [40], por lo que la muestra representó el 18,4% de las UPO. El muestreo de las UPO se realizó por conveniencia, con base a la cooperación del dueño y la facilidad para el acceso a la granja en cada sindicatura (divisiones poblacionales dentro del municipio), al final, de las 18 sindicaturas que integran el municipio de Culiacán se incluyeron UPO de 10 sindicaturas (55,6%).

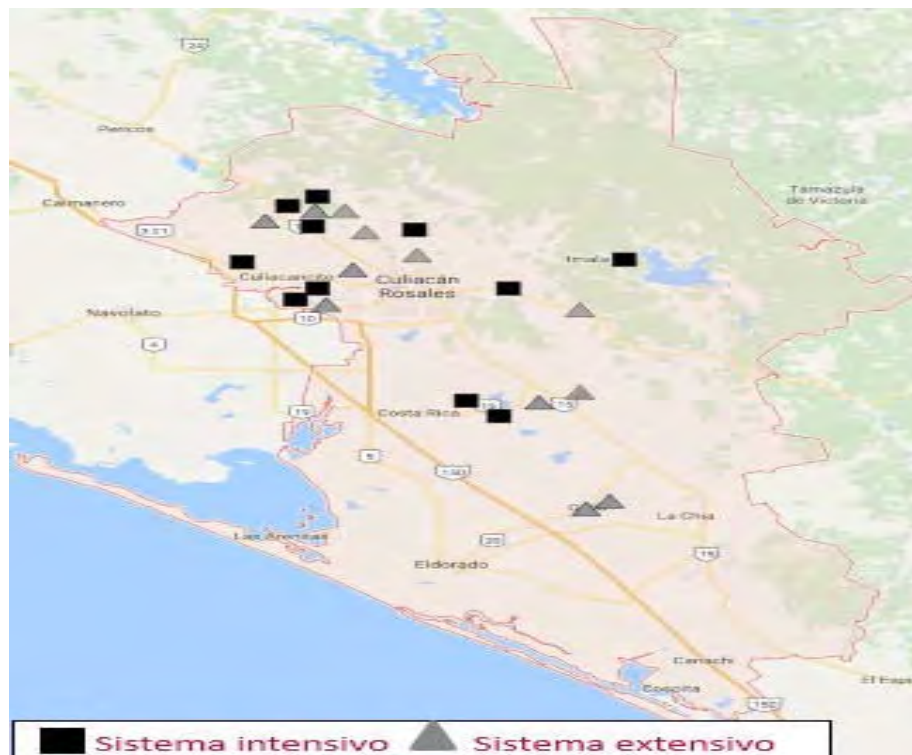


Figura 9. Localización de las unidades de producción ovina en el municipio de Culiacán, Sinaloa.

Debido a que al realizar la visita para el muestreo se desconocía en cada UPO el número de corderos existentes, por causa de corderos muertos y vendidos, se consideró el número de adultos (Cuadro 4), y se decidió muestrear un número de corderos que representó al menos el 10% de los adultos en cada UPO. Se realizaron tres muestreos, en los que los ovinos no fueron siempre los mismos. Se seleccionaron 1140 ovinos (380 por muestreo) con edades comprendidas entre 1 y 90 días (d), las cuales se confirmaron mediante los registros individuales o por cronometría dentaria.

**CUADRO 4**  
**UBICACIÓN DE UNIDAD DE PRODUCCIÓN OVINA POR SINDICATURA Y SISTEMA DE PRODUCCIÓN**

SINDICATURA	UPO	SISTEMA DE PRODUCCIÓN		OVINOS ADULTOS	CORDEROS MUESTREADOS
		INTENSIVO	EXTENSIVO		
Villa Adolfo L.M	Agrícola Limón		•	80	10
	La Hacienda		•	150	20
	La granjita	*		120	17
	Alborada	*		180	18
El Salado	El alacrán		•	70	11
Costa Rica	El trabajo		•	20	5
	Agrícola Sanfer	*		150	15
	Agrícola Tabachines	*		180	20
Quilá	Naranjos		•	70	12
	La Loma		•	30	5
Aguaruto	Fetasa		•	200	22
	Agrícola del Río	*		45	5
	Los Cabritos	*		200	20
Culiacancito	San Sebastián		•	250	25
	Agrícola Quiroz	*		250	25
	Los Otates		•	180	20
Las Tapias	Santa María	*		130	15
Sanalona	Baldomero		•	20	5
Imala	Guayacán	*		200	25
Culiacán	Guásima		•	230	25
	Agrícola Mojolo	*		300	35
	Ganadera Verdugo	*		80	15
	Campo Morelia		•	180	20

\* Sistema intensivo • Sistema extensivo

### 2.4.3. Colecta de muestras y análisis de laboratorio

Las heces se obtuvieron por enema en los corderos menores de 1 mes (m) y directamente en el recto con guante de látex en los animales de mayor edad, a continuación se marcaron individualmente, se refrigeraron (MABE, RMP65YL, Estado de México, México) a 4°C hasta su traslado y análisis en el laboratorio de Parasitología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Se registró información sobre los siguientes factores de riesgo: época del año (verano y otoño), sistema de producción (intensivo y extensivo) de la UPO, fuente de agua suministrada (dique y pozo), edad del cordero (menores de 30 d y de 30-90 d), consistencia de las heces (normales y anormales) y sexo del cordero (hembra y macho).

La detección de ooquistes de *C. spp* en las muestras fecales se efectuó mediante la técnica de Ziehl-Neelsen Modificada [37]. La observación de los frotis se realizó mediante un microscopio óptico de luz (Carl ZeissAxiostar®, EUA) con el objetivo de inmersión (100x) y los ooquistes se identificaron en base a sus características morfológicas.

### 2.4.4. Análisis estadístico

Un caso se definió como aquel ovino positivo con al menos un ooquiste de *C. spp*. La prevalencia se estimó como el número de ovinos positivos entre el total de ovinos muestreados.

La información sobre la positividad se utilizó para el análisis de los factores de riesgo, el cual se realizó en dos etapas: 1) Los datos fueron dicotomizados y sumarizados en tablas de contingencia (2 x 2), y analizados con prueba de Ji-cuadrado para cada uno de los factores de riesgo. 2) Los factores de riesgo que resultaron significativos ( $P < 0,20$ ) se incluyeron en un análisis de regresión logística multivariado [1]. El modelo general fue:

$$\pi(x) = \frac{\exp(\alpha + \sum \beta_i x_i)}{1 + \exp(\alpha + \sum \beta_i x_i)}$$

Donde: a valores de  $x = (x_1, \dots, x_p)$  variables predictoras  $p$ ,  $\exp$  es la base de los logaritmos naturales 2,71828;  $\alpha$  es el valor del intercepto,  $\beta_i$  son los valores de los

coeficientes de regresión,  $x_j$  representa el vector de variables independientes.

En este estudio se incluyeron en el modelo las variables de época del año, fuente de agua y consistencia de las heces. En el modelo de regresión logística multivariado marginal se incluyeron solo las variables que resultaron significativas ( $P < 0,05$ ) como época del año y fuente de agua. Para éste análisis se utilizó el procedimiento LOGISTIC [46], con el que se estimó el grado de asociación [razón de probabilidades (OR)] y los intervalos de confianza al 95%, así como los estimadores de los parámetros del modelo de regresión.

## **2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **2.5.1. Prevalencia**

De un total de 1140 muestras analizadas, 474 resultaron positivas a *C. spp* y de las 23 UPO el 100% fueron positivas al protozoario, donde la prevalencia general fue 41,58% (IC95% 38,70; 44,40%) y dentro de las UPO varió de 27,80 a 77,80%, éste es el primer reporte de *C. spp* en corderos de esta región. La prevalencia de *C. spp* en ovinos se ha reportado mundialmente [4, 21, 22] de 11,13 a 38,80%; al comparar la prevalencia de este estudio con los realizados en México, se observó más elevada a la reportada en la región sur, en la Huasteca alta de Veracruz (19,52%) [24] y en el centro del país, en el estado de México (34,33%) [3]; y menor a la observada por Romero y col. [38] en corderos (67,50%) en la región centro oeste de Veracruz; estas variaciones podrían deberse a la interacción de distintos aspectos como sistemas de producción, edad de los animales o condiciones ambientales. Los resultados sugieren que este protozoario debe ser considerado endémico en la región estudiada, ya que *C. spp* fue detectado en el 100% de las UPO por lo que se debe tomar en cuenta como un agente de importancia en la sanidad animal.

El conteo semicuantitativo de ooquistes de *C. spp* en las muestras se presenta en el Cuadro 5, donde 292 (61,60%) de las muestras se observó con un ooquiste y en 128 (27,00%) se observaron 2 ooquistes. El estudio realizado por Causapé y col. [12] reportaron más del 50% de corderos de 1-21 d con excreción de un ooquiste y 13% en corderos de 22-90 d con 2 o más ooquistes; en una población de 32 bovinos (*Bos*

*taurus*), el 53% de las muestras se observó más de 10 ooquistes [8]. Aunque en el presente estudio más del 50% de las excreción estuvo en el nivel mínimo (un ooquiste), son una fuente importante de infección al ambiente y una fácil propagación a los animales pues la dosis infectante requerida en los animales es baja (1-100 ooquistes) [5, 18].

**CUADRO 5.**  
**NÚMERO DE OOQUISTES DE *C. spp* OBSERVADOS POR MUESTRA DE HECES DE CORDEROS DE PELO**

Ooquistes	Frecuencia	Porcentaje
1	292	61,60
2	128	27,00
3	41	8,65
4	12	2,53
5	1	0,21

### 2.5.2. Factores de riesgo

Los factores de riesgo estudiados se presentan en el Cuadro 6. Las pruebas de Ji cuadrado indicaron qué de los siete factores, sólo tres fueron significativos ( $P < 0,20$ ): época del año, fuente de agua y consistencia de las heces, sin embargo, en el modelo de regresión logística marginal sólo dos factores resultaron significativos ( $P < 0,05$ ): época del año y fuente de agua (Cuadro 7).

En relación a la época del año, los corderos tuvieron 2,2 veces más riesgo de presentar *C. spp* en el otoño que en el verano ( $P < 0,0001$ ). La prevalencia de *C. spp* es variable de acuerdo a las condiciones climáticas [32], éstas últimas son un factor influyente en la presencia de *C. spp*, tal como lo refieren Essa y col. [17] quienes registraron la tasa más alta de infección en becerros durante el verano (34,19%) al compararlo con el otoño (14,29%); si bien la época reportada por estos autores difiere a lo observado en esta investigación, si se concuerda con lo señalado por Green y col. [23] en que la mayor prevalencia de *C. spp* se presenta en los meses cálidos y lluviosos, ya que observaron 38,10% más ooquistes de *C.* en ovinos en

el período de más precipitación. En este sentido, el mes de julio, en la región estudiada en Culiacán fue considerado como el octavo mes más lluvioso desde el año 1941 a la fecha, y las temperaturas medias entre los meses de verano y otoño fue de 29,5° y 28,4°C, respectivamente [41] es decir, las temperaturas medias de ambas estaciones difirieron en 1,2°C, estas temperaturas cálidas aunadas a las lluvias son factores importantes para el desarrollo del protozoario.

**CUADRO 6.**  
**FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE *C. spp* EN HECES DE CORDEROS DE PELO EN EL MUNICIPIO DE CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO**

CORDEROS				
Factor de riesgo	Total	Positivos	Porcentaje	P <sup>a</sup>
Época del año <sup>bc</sup>				
Primavera	760	268	35,26	0,0001
Otoño	380	206	54,21	
Sistema de producción				
Extensivo	329	137	41,64	0,98
Intensivo	811	337	41,55	
Fuente de agua <sup>bc</sup>				
Pozo	1035	411	39,71	0,0001
Dique	105	63	60,00	
Sexo del cordero:				
Macho	467	202	43,25	0,34
Hembra	673	272	40,42	
Edad del cordero				
> 30 hasta 90 d	821	342	41,66	0,932
≤ 30 d	329	132	41,38	
Consistencia de las heces <sup>b</sup>				
Normales	958	387	40,40	0,063
Anormales	182	87	47,80	

<sup>a</sup> Valores de probabilidad de la prueba de Ji-cuadrado.

<sup>b</sup> Factores incluidos en el modelo de regresión logística estándar.

<sup>c</sup> Factores incluidos en el modelo de regresión logística marginal.

**CUADRO 7.**  
**PARÁMETROS ESTIMADOS DE LA REGRESIÓN LOGÍSTICA MARGINAL PARA**  
**ALGUNOS FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE**  
**C. spp EN HECES DE CORDEROS DE PELO EN EL MUNICIPIO DE**  
**CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO**

Factor de riesgo	Coefficientes	Error Estándar	OR	IC 95%	P
Época del año:					
Primavera	0	0	1	1,71; 2,83	0,0001
Otoño	0.397	0,065	2,20		
Fuente de agua:					
Pozo	0	0	1		0,0001
Dique	0,424	0,107	2,34	1,54; 3,55	

Intercepto = 0,128 ± 0,109.

El siguiente factor de riesgo significativo fue la fuente de agua suministrada a los ovinos, ya que los corderos de UPO con agua proveniente de dique tuvieron 2,3 veces más riesgo de presentar *C. spp* que los abastecidos por agua de pozo ( $P < 0,0001$ ), por lo cual los animales que se les ofrecía agua de dique presentaron mayor prevalencia (60%) a *C. spp*. Una de las principales vías de transmisión de *C. spp* es por la ingestión de aguas contaminadas con el ooquiste [10]. En estudios de detección de este protozooario en ovinos y becerros se incluyó esta variable indicando al agua como un factor de riesgo [3, 26]. En un estudio realizado en el estado de Guerrero, México [19], reportaron al agua de pozo como un factor de riesgo con una prevalencia de 13,30%, esto difiere a los resultados de esta investigación, donde se encontró un mayor porcentaje de prevalencia de *C. spp* en las UPO donde se ofrecía a los corderos agua de dique, ésto probablemente se deba a la exposición de aguas al contacto con heces de animales, tanto de pastoreo como de vida silvestre, como fue mencionado por Castro y col. [10], al indicar que los animales son un reservorio importante del parásito facilitando su dispersión y transmisión. El agua como factor de riesgo también toma notoriedad ya que es uno de los principales mecanismos de transmisión al humano [10, 31, 39].



La consistencia de las heces se observó anormal (47,40%) y fue estadísticamente significativo ( $P=0,063$ ) en el estudio de regresión logística estándar pero no en el de regresión logística marginal. Algunos estudios reportan la asociación de heces diarreicas a *C. spp* con porcentajes que oscilan del 20,70 al 82,50% [6, 12, 42, 43]. El presente estudio concuerda con algunos autores [38, 44, 47], quienes no observaron dicha asociación. Estos resultados ponen de manifiesto que, los corderos de esta región probablemente presenten cuadros asintomáticos tal como fue descrito por [2, 29, 44], quienes afirman la posibilidad de animales asintomáticos, con ausencia de diarreas, por episodios de diarreas previos a la toma de muestra o recuperación de la infección clínica.

Los resultados del análisis de *C. spp* y sistema de producción extensivo (41,64%) e intensivo (41,55%) no mostraron asociación significativa ( $P<0,98$ ); estudios al respecto reportan mayor prevalencia en sistemas extensivos [3, 44]. Los resultados del presente trabajo podrían atribuirse a las condiciones deficientes de higiene en la mayoría de las UPO que facilitarían el contagio, esta circunstancia unida a que las dosis infectivas para los animales son mínimas, podrían ser la causa de su presencia en cualquiera de los sistemas estudiados.

El análisis del factor de riesgo sexo de los corderos mostró en hembras el 40,42% y los machos 43,25%; sin embargo, no se asoció el protozooario con el sexo del cordero ( $P<0,34$ ). Esto coincide con la mayoría de los estudios [6, 28, 44]. En el presente estudio, la mayoría de los corderos se alojaban en los mismos corrales, por lo cual la diseminación del protozooario fue facilitada entre la población independientemente del sexo.

Al analizar los datos de la presencia de *C. spp* de acuerdo al factor edad de los corderos se encontró una prevalencia de 40,12% en los menores de 30 d y de 41,66% en los mayores de 30 y hasta 90 d ( $P<0,932$ ). Diversos autores coinciden en que la edad es un factor de riesgo para la criptosporidiosis [6, 15, 50] y se considera

Prevalencia y Factores de Riesgo Asociados a *Cryptosporidium* spp / Castro-del Campo, N. y col. \_\_\_\_\_ a los animales recién nacidos los más susceptibles [16, 22]. Los resultados de la presente investigación muestran similitud a lo reportado por Romero y col. [38], quienes no observaron diferencias en corderos menores de 1 y hasta 2 m de edad. Una posible razón a este resultado reside en que los corderos permanecen entre 2,5 y 3 m de edad con la madre, las cuales pueden actuar como fuentes de infección [34] y contribuir al mantenimiento de la misma al excretar ooquistes al medio ambiente [15] facilitando la recirculación del protozooario en el rebaño en las diversas etapas de desarrollo.

Es pertinente continuar con estudios en épocas de invierno y primavera, con el fin de conocer el comportamiento de *C. spp* en las distintas épocas, así como estudios moleculares acoplados al rastreo de fuentes de contaminación para determinar las especies de *C.* presentes en los corderos.

## **2.6. CONCLUSIÓN**

La presente investigación es el primer estudio de prevalencia de *C. spp* en corderos de pelo en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México, y se observó en el 100% de las UPO, con una prevalencia general de 41,58%, con una variación dentro de las UPO de 27,80 a 77,80%. El riesgo de que un animal presente *C. spp* se incrementa 2,2 veces más en época de otoño y 2,3 veces más con el suministro de agua de dique, por lo que debe considerarse como un problema endémico de la región y dirigir mayor atención a estos factores para la implementación de medidas de prevención.

## **2.7. AGRADECIMIENTOS**

A la Asociación de Criadores de Ovinos y Caprinos Culiacán A.C. y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) México, por el apoyo económico para la formación de recursos humanos en este proyecto

## 2.8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGRESTI, A. Categorical Data Analysis. 2a Ed. Wiley Interscience. EUA. 710 pp. 2002.
- [2] ALONSO, F. M. U.; GARCÍA, A. A.; SALAZAR, G. F.; VÁZQUEZ, C. J. C.; PESCADOR, S. N.; SALTIJERAL, O. J. Prevalence of *Cryptosporidium* spp in asymptomatic sheep in family flocks from Mexico State. **J. Vet. Med.** 52: 482-483. 2005.
- [3] ALONSO, M. U.; SALTIJERAL, J.; PESCADOR, N. Producción ovina y niveles de infección de *Cryptosporidium* spp en el Estado de México. **Peq. Rum.** 6 (2): 8-12. 2005.
- [4] BARIS, S.; MÜKREMIN, Ö. A.; YUNUS, G.; MURAT, K.; GENÇAY, T. T. The prevalence of *Cryptosporidium* species in diarrhoeic lambs in Kars province and potential risk factors. **Trop. Anim. Health Prod.** 41:819–826. 2009.
- [5] BASUALDO, J.; PEZZANI, B.; DE LUCA, M.; CÓRDOBA, A.; APEZTEGUÍA, M. Screening of the municipal water system of La Plata, Argentina, for human intestinal parasites. **Int. J. Hyg. Environ. Health.** 203: 177-82. 2000.
- [6] BEJAN, A.; VIORICA, M.; RADU, C.; SMARO, S.; COZMA, V. Epidemiology of *Cryptosporidium* spp infection in goat kids in the central and the northwest part of Romania. **Sci. Parasitol.** 1: 2-36. 2009.
- [7] BUDU, A. E.; GREENWOOD, S. J.; DIXON, B. R.; BARKEMA, H. W.; YMCCLURE, J. T. Occurrence of *Cryptosporidium* and *Giardia* on beef farms and water sources within the vicinity of the farms on Prince Edward Island, Canada. **Vet. Parasitol.** 184:1-9. 2012.
- [8] CASTRO, H. J. A.; GONZÁLEZ, L. Y. A.; MEZO, M. M.; ARES, M. E. A study of cryptosporidiosis in a cohort of neonatal calves. **Vet. Parasitol.** 106:11–17. 2002.

Prevalencia y Factores de Riesgo Asociados a *Cryptosporidium* spp / Castro-del Campo, N. y col. \_\_\_\_\_

- [9] CASTRO, H. J. A.; ALMEIDA, A.; GONZÁLEZ, W. M.; CORREIA D. C., J. M.; MEZO, M. Prevalence and preliminary genetic characterization of *Cryptosporidium* spp isolated from asymptomatic heifers in Galicia (NW, Spain). **J. Euk. Microbiol.** 53: 22-23. 2007.
- [10] CASTRO, H.J.S.; GARCÍA, P. I.; ALMEIDA, A.; GONZÁLEZ, W. M.; CORREIA D. C. J.M.; MEZO, M. Detection of *Cryptosporidium* spp and *Giardia duodenalis* in Surface water: A health risk for humans and animals. **Water Res.** 43: 4133-4142. 2009.
- [11] CASTRO, H. J. A.; GARCÍA, P. I.; ALMEIDA, A.; GONZÁLEZ, W. M.; CORREIA D. C., J. M.; MEZO, M. *Cryptosporidium* spp and *Giardia duodenalis* in two areas of Galicia (NW Spain). **Sci. Total Environ.** 409: 2451-2459. 2011.
- [12] CAUSAPÉ, A. C.; QUÍLEZ, J.; SÁNCHEZ, A. C.; DEL CACHO, E.; LÓPEZ, B. F. Prevalence and analysis of potencial risk factors for *Cryptosporidium parvum* infection in lambs in Zaragoza (northeastern Spain). **Vet. Parasitol.** 104 (4): 287-98. 2002.
- [13] CIAPAN. Guía para la asistencia técnica del Valle de Culiacán. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias. Culiacán, Sinaloa, México. 92 pp. 2002.
- [14] CORDERO, C. M.; ROJO, V. F. A.; MARTÍNEZ, F. A. R.; SÁNCHEZ, A. M. C.; HERNÁNDEZ, R. S.; NAVARRETE, L. I.; DIEZ, B. P.; QUIROZ, R. H.; CARV, A.V. Criptosporidiosis. In Rojo, V. F.; Gómez, B. M.; Ortega, M. L.M. (Eds). **Parasitología Veterinaria**. 3ª Ed. McGraw-Hill- Interamericana. España. Pp 456-457. 2002.
- [15] DE GRAAF, D.C.; VANOPDEMBOSCH, E.; ORTEGA-MORA, L.M.; ABBASI, H.; PEETERS, J.F. A review of the importance of cryptosporidiosis in farm animals. **Int. J. Parasitol.** 29: 1269-1287. 1999.
- [16] DÍAZ, R. A.; JIMÉNEZ, G. J. M.; MATERANO, O. P. A.; RAMÍREZ, I. L. N. Dinámica de la infección por *Cryptosporidium* spp y *Giardia* spp en búfalos (*Bubalus bubalis*) durante los primeros tres meses de vida. **Rev. Científ. FCV-LUZ.** XXII (6): 507 – 515. 2012.

- [17] ESSA, S. H.; EL-SAYED, M. G.; MOHAMED, G. A.; ABDELMONEIM, M. M.; FAYSL, K. H.; LUBNA EL-AKABAWY. The incidence of *Cryptosporidium* infection among Friesian and buffalo calves in minufiya governorate. **Benha Vet. Med. J.** 26 (1): 195-204. 2014.
- [18] FAYER, R. *Cryptosporidium*: a water-borne zoonotic parasite. **Vet. Parasitol.** 126: 37-56. 2004.
- [19] FITZ, S. E.; ROSARIO, C. R.; HERNÁNDEZ, O. R.; HERNÁNDEZ, C. E.; RODRÍGUEZ, B. E.; GARCÍA, V. Z. *Cryptosporidium parvum*: prevalencia y factores de riesgo en becerros del municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero, México. **Vet. y Zoot.** 7(1): 49-61. 2013.
- [20] GARCÍA, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarla a las condiciones climáticas de la República Mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 144 pp. 1988.
- [21] GEURDEN, T.; THOMAS, P.; CASAERT, S.; VERCRUYSSSE, J.; CLAEREBOUT, E. Prevalence and molecular characterisation of *Cryptosporidium* and *Giardia* in lambs and goat kids in Belgium. **Vet. Parasitol.** 155: 142–145. 2008.
- [22] GHAREKHANI, J.; HEIDARI, H.; YOUSSEFI, M. Prevalence of *Cryptosporidium* Infection in sheep in Iran. **Turkiye Parazitol. Derg.** 38: 22-5. 2014.
- [23] GREEN, R.E.; AMARANTE, A.F.T.; MASCARINI, L.M. The seasonal distribution of *Cryptosporidium* oocysts in sheep raised in the state of Sao Paulo. **Rev. Bras. Parasitol. Vet.** 13: 125-7. 2004.
- [24] GUILLEN, L.V.M.; VITELA, M.I.V.; MEDINA, E.L.E.; CRUZ, V.C.R. Identificación de *Cryptosporidium parvum* en ovinos de producción extensiva de la región Huasteca alta de Veracruz. 2013. XIV Seminario de Investigación. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, 20-22 de mayo. México. En línea: [https://investigacion.uaa.mx/seminario/Memoria\\_Electronica/14seminario/abstracts.html/06/07/2015](https://investigacion.uaa.mx/seminario/Memoria_Electronica/14seminario/abstracts.html/06/07/2015).
- [25] HANCOCK, D.; BESSER, T.; LEJEUNE, J.; DAVIS, M.; RICE, D. The control of VTEC in the animal reservoir. **Int. J. Food Microbiol.** 66: 71-78. 2001.
- [26] HERNÁNDEZ, G. N.; CORTÉS V. J. A. Prevalencia y factores de riesgo de *Cryptosporidium* spp y *Giardia* spp en terneros de ganado lechero de la zona noroccidental de la Sabana de Bogotá. **Rev. Salud Publ.** 14 (1): 169-18. 2012.

Prevalencia y Factores de Riesgo Asociados a *Cryptosporidium* spp / Castro-del Campo, N. y col. \_\_\_\_\_

- [27] JAFARI, R.; MAGHSOOD, A.H.; FALLAH, M. Prevalence of *Cryptosporidium* infection among Livestock and Humans in contact with Livestock in Hamadan District, Iran, 2012. **J. Res. Health Sci.**13: 88-89. 2013.
- [28] KHEZRI, M.; KHEZRI, O. The prevalence of *Cryptosporidium* spp in lambs and goat kids in Kurdistan, Iran. **Vet. World.** 6(12): 974-977. 2013.
- [29] LASSEN, B.; VILTROP, A.; RAAPERI, K.; JARVIS, T. *Eimeria* and *Cryptosporidium* in Estonian dairy farms in regard to age, species and diarrhea. **Vet. Parasitol.** 166 (3-4):212-219. 2009.
- [30] LINDSAY, D. S.; UPTON, S. J.; OWENS, D. S.; MORGAN, U. M.; MEAD, J. R.; BLAGBURN, B. L. *Cryptosporidium andersoni* (Apicomplexa: Cryptosporiidae) from cattle, *Bos taurus*. **J. Euk. Microbiol.** 47 (1): 91-95. 2000.
- [31] MAC KENZIE, W.; HOXIE, N.; PROCTOR, M.; GRADUS, M.; BLAIR, K.; PETERSON, D.; KAZMIERCZAK, J.; ADDISS, D.; FOX, K.; ROSE, J. A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water. **N. Engl. J. Med.** 331(3):161-167. 1994.
- [32] MORSY, G.H.; KADRIA, N.; ABDEL, M.K.N.; HAMMAM, A.M.; SELIEM, M.M.E.; FATHIA, A.M.; KHALIL, F.A.M.; DINA, A.D. Prevalence of *Cryptosporidium* infection in Buffalo calves with special reference to urea and creatinine levels. **Global Vet.**13 (5): 662-667. 2014.
- [33] OLSON, M. E.; O'HANDLEY, R. M.; RALTON, B. J.; MCALLISTER, T. A.; THOMPSON, R. C. A. Update on *Cryptosporidium* and *Giardia* infections in cattle. **Trends Parasitol.** 20:185-191. 2004.
- [34] PULIDO, M. M. O.; ANDRADE, B. R. J.; RODRÍGUEZ, V. R. I.; GARCIA, C. D. J. Prevalencia y posibles factores de riesgo en la excreción de ooquistes de *Cryptosporidium* spp en bovinos de Boyacá, Colombia. **Rev. Mex. Cien. Pec.** 5 (3): 357-364. 2014.
- [35] QUÍLEZ, J.; VERGARA, C.J.; SÁNCHEZ, A.C.; DEL CACHO, E.; LÓPEZ, B.F. Prevalencia de *Cryptosporidium parvum* en ganado caprino en la provincia de Zaragoza. Estudio preliminar. **Acta Parasitol. Port.** 8:167. 2001.
- [36] QUÍLEZ, J.; SÁNCHEZ, A. C.; DEL CACHO, E. Criptosporidiosis de los pequeños rumiantes. **Peq. Rum.** 4 (2): 22-29. 2003.

- [37] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SANIDAD ANIMAL (O.I.E). Manual of diagnostic test and vaccines for terrestrial animals. Criptosporidiosis. 2008. En línea: [web.oie.int/norms/mmanual/pdf\\_es\\_2008/2.09.04%20criptosporidiosis.pdf](http://web.oie.int/norms/mmanual/pdf_es_2008/2.09.04%20criptosporidiosis.pdf)./03/06/2016.
- [38] ROMERO, S. D.; COSME, A. E.; CRUZ, R. A.; AGUILAR, D. M.; IBARRA, P. N.; MERINO, C. J. O.; PÉREZ L. A. A.; HERNÁNDEZ, T. J. Prevalence of *Cryptosporidium* in small ruminants from Veracruz, México. **BMC Vet. Res.** 12:14. 2016.
- [39] ROSE, J. B. Environmental ecology of *Cryptosporidium* and public health implications. **Annu. Rev. Publ. Health.** 18:135-61. 1997.
- [40] SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA. . Población ganadera ovino. 2013. En Línea. <http://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera#/27/05/2016>.
- [41] SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. Pronóstico. Climatología. 2015. En Línea: <http://smn.cna.gob.mx/ces/climatología/informaciónclimatologica/03/06/2015>.
- [42] SHAFIQ, B. M. A.; MAQBOOL, A.; KHAN, J. U.; LATEEF, M.; IJAZ, M. Prevalence, Water Borne Transmission and Chemotherapy of Cryptosporidiosis in Small Ruminants. **Pakistan J. Zool.** 47 (6): 1715-1721. 2015.
- [43] SHARMA, S.P.A.L.; BUSANG, M. Prevalence of some gastrointestinal parasites of ruminants in southern Botswana. **Bots. J. Agric. Appl. Sci.** 9 (2): 97-103. 2013.
- [44] SHARMA, S. P. A.L.; BUSANG, M. *Cryptosporidium* infection in sheep and goats in Southern Botswana and its public health significance. **Global J. Anim. Sci. Res.** 3(2): 329-336. 2015.
- [45] SMITH, H. V.; RAB, N. *Cryptosporidium*: detection in water and food. **Exp. Parasitol.** 124: 61-79. 2010.
- [46] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. (SAS). Versión 8.1. USA. 2001.

Prevalencia y Factores de Riesgo Asociados a *Cryptosporidium* spp / Castro-del Campo, N. y col. \_\_\_\_\_

- [47] VALERA, Z.; QUINTERO, W.; VILLAROEL, R.; HERNÁNDEZ, E. *Cryptosporidium* spp en becerros neonatos de una finca del municipio Rosario de Perijá, estado Zulia, Venezuela. **Rev. Científ. FCV-LUZ** XI (3): 213-218. 2001.
- [48] XIAO, L. Molecular epidemiology of cryptosporidiosis: an update. **Experim. Parasitol.** 124: 80-89. 2010.
- [49] XIAO, L.; FAYER, R.; RYAN, U.; UPTON, S. J. *Cryptosporidium* taxonomy: Recent advances and implications for public health. **Clin. Microbiol. Rev.** 17:72- 97. 2004.
- [50] ZUCATTO, A. S.; AQUINO, M. C. C.; INÁCIO, S. V.; FIGUEIREDO, R. N.; PIERUCCI, J. C.; PERRI, S. H. V.; MEIRELES, M. V.; BRESCIANI, K. D. S. Molecular characterisation of *Cryptosporidium* spp in lambs in the South Central region of the State of São Paulo. **Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.** 67 (2): 441-446. 2015.



### **CAPÍTULO 3. DETECCIÓN Y VIABILIDAD DE *Cryptosporidium parvum* EN AGUAS SUPERFICIALES EN EL NOROESTE DE MÉXICO**

De acuerdo con la reglamentación del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, el capítulo 3 se integra por el artículo enviado, aceptado o publicado en revistas científicas incluidas en el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) o en *Journal of Citation Reports*®. Al igual que el capítulo 2 el escrito que integra este apartado pretende contribuir parcialmente al objetivo general del documento de tesis; el artículo fue enviado a la revista *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, y tiene como objetivo dar respuesta a los retos que actualmente plantea todo lo relacionado con la patología infecciosa, desde el punto de vista clínico, microbiológico y de salud pública.

#### **Artículo 2.**

---

**Título:** Detección y viabilidad de *Cryptosporidium parvum* en aguas superficiales en el noroeste de México

**Autores:** Nohemí Castro-del Campo, Jesús José Portillo-Loera, Claudia Berenice De Dios-Quiñones, Idalia Enríquez-Verdugo, Soila Maribel Gaxiola-Camacho, Gilberto López Valencia, Nohelia Castro-del Campo.

**Revista:** *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*

**Índice de impacto:** 1.714

---

## **Detección y viabilidad de *Cryptosporidium parvum* en aguas superficiales en el noroeste de México**

### **Detection and viability of *Cryptosporidium parvum* in surface waters in northwestern Mexico**

**Nohemí Castro-del Campo<sup>1</sup>, Jesús José Portillo-Loera<sup>1</sup>, Claudia Berenice De Dios-Quiñones<sup>1</sup>, Idalia Enríquez-Verdugo<sup>1</sup>, Soila Maribel Gaxiola-Camacho<sup>1</sup>, Gilberto López Valencia<sup>2</sup>, Nohelia Castro-del Campo<sup>3</sup>\***

*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa.<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California<sup>2</sup>. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Culiacán, Sinaloa, México<sup>3</sup>.  
Av. 16 de septiembre #1456 Fraccionamiento Los Pinos, Culiacán de Rosales, Sinaloa, México. Teléfono + 52 (1667)1316396. \* ncastro@ciad.mx.*

#### **3.1. RESUMEN**

**Introducción:** *Cryptosporidium parvum* es un protozoario entérico zoonótico que afecta a especies animales domésticas, salvajes y humanos. La transmisión oral-fecal facilita su distribución mediante heces animales y humanas que contaminan el agua, por ello representa un riesgo de salud pública. El objetivo del estudio fue determinar la viabilidad de ooquistes de *Cryptosporidium parvum* en aguas superficiales de una región altamente agrícola en el noroeste de México.

**Métodos:** Se realizó un estudio epidemiológico observacional transversal entre abril y mayo de 2017 en tres ríos y tres canales agrícolas. Las muestras se procesaron mediante el método EPA 1623 de los Estados Unidos para el aislamiento y cuantificación; la viabilidad de ooquistes fue determinada mediante microscopía de fluorescencia y contraste de interferencia diferencial.

**Resultados:** Ooquistes de *C. parvum* fueron observados en el 100% del agua analizada; la concentración total de ooquistes y ooquistes viables/L fue de 48 (IQR 30-200,8) y 22 (IQR 10-142,1), respectivamente, con rango de viabilidad de 25% (10/40)

a 77,7% (290/373). Los valores de ooquistes viables y viabilidad fueron similares entre afluentes de agua ( $p \geq 0,66$ ), aunque numéricamente en el agua de río se observó 7,9% más ooquistes viables. Los lugares de muestreo estuvieron cercanos a unidades de producción ovinas y en contacto con otros animales en pastoreo.

*Conclusiones:* En todas las muestras de agua fue detectado *C. parvum*. Además, su viabilidad (51.6%) fue demostrada en aguas superficiales de ríos y canales en rangos superiores a la dosis infectiva lo que representa un riesgo para la salud pública y animal.

*Palabras clave:* *Cryptosporidium parvum*. Viabilidad. Aguas superficiales. Ríos. Canales.

### **3.2. ABSTRACT**

*Introduction:* *Cryptosporidium parvum* is an enteric zoonotic protozoan that affects domestic and wild animals as well as human being. The oral-fecal transmission facilitates its distribution through animal and human feces which contaminate water and therefore it represents a public health risk of interest. The objective of this work was to determine the viability of *Cryptosporidium parvum* oocysts isolated from surface waters of a highly agronomic area of the northwestern of México.

*Methods:* A cross-sectional observational study was conducted between April and May 2017, in three rivers and three agricultural channels. The samples were processed according to the EPA method 1623 of the United States for the oocysts isolation and quantification; oocyst viability was determined by fluorescence microscopy and differential interference contrast.

*Results:* *C. parvum* oocysts were observed in 100% of the analyzed water; the total concentration of oocysts and viable oocysts/L was 48 (IQR 30-200,8) and 22 (IQR 10-

142,1), respectively, with a viability range from 25% (10/40) to 77,7 % (290/373). The values of viable oocysts and viability were similar among water tributaries ( $p \geq 0,66$ ), although numerically river water had a 7,9% more viable oocysts than channel water. Ovine production units were nearby the sampling places as well as animals being herded.

*Conclusions:* *C. parvum* viability (51,6%) in surface waters of rivers and channels was demonstrated in ranges that exceed the infective doses suggesting a potential risk of transmission to humans and animals of the region.

*Keywords:* *Cryptosporidium parvum*. Viability. Surface water. Rivers. Channels

### 3.3. Introducción

Las enfermedades diarreicas son una causa principal de morbilidad y mortalidad en niños, ocasionadas por diversos organismos, entre ellos *Cryptosporidium*, los cuales se transmiten por la vía fecal-oral usualmente a través del agua<sup>1</sup>.

*Cryptosporidium parvum* (*C. parvum*) es un parásito protozoario que afecta a numerosas especies animales, incluyendo al hombre<sup>2</sup>. Las características del ooquiste le permite tener resistencia a condiciones ambientales adversas<sup>3</sup>, mismo que ha contribuido para estar presente en aguas de pozo, superficiales, residuales, tratadas y potables<sup>4-8</sup> esto conlleva a brindar atención especial a este microorganismo debido a que su ubiquidad resulta ser un riesgo para la población, al resistir procesos de tratamientos del agua los cuales son ineficientes para su remoción e inactivación<sup>8-10</sup>. Las aguas superficiales en especial en época lluviosa<sup>10</sup> están expuestas a la contaminación por *C.*; favorecido por actividades agrícolas y ganaderas, pues propician la diseminación del protozoario en el agua, los cuales son inmediatamente infectivos<sup>11-12</sup>. La prevalencia y concentración de *C.* en el agua se ha reportado en

España, 18,4% (7 ooquistes/L); India, 37% (84/20 L); Canadá, 75% (26,13/100 L); México, 69% (4,75/1000L), con rangos de concentración que podrían causar afecciones a la población susceptible<sup>5,8,13,14</sup>. La viabilidad de *C. parvum* se ha detectado en Etiopía en aguas superficiales (72%), grifo (28%) y pozo (100%), en México en agua potable (3.12-68.75%)<sup>8-9</sup>.

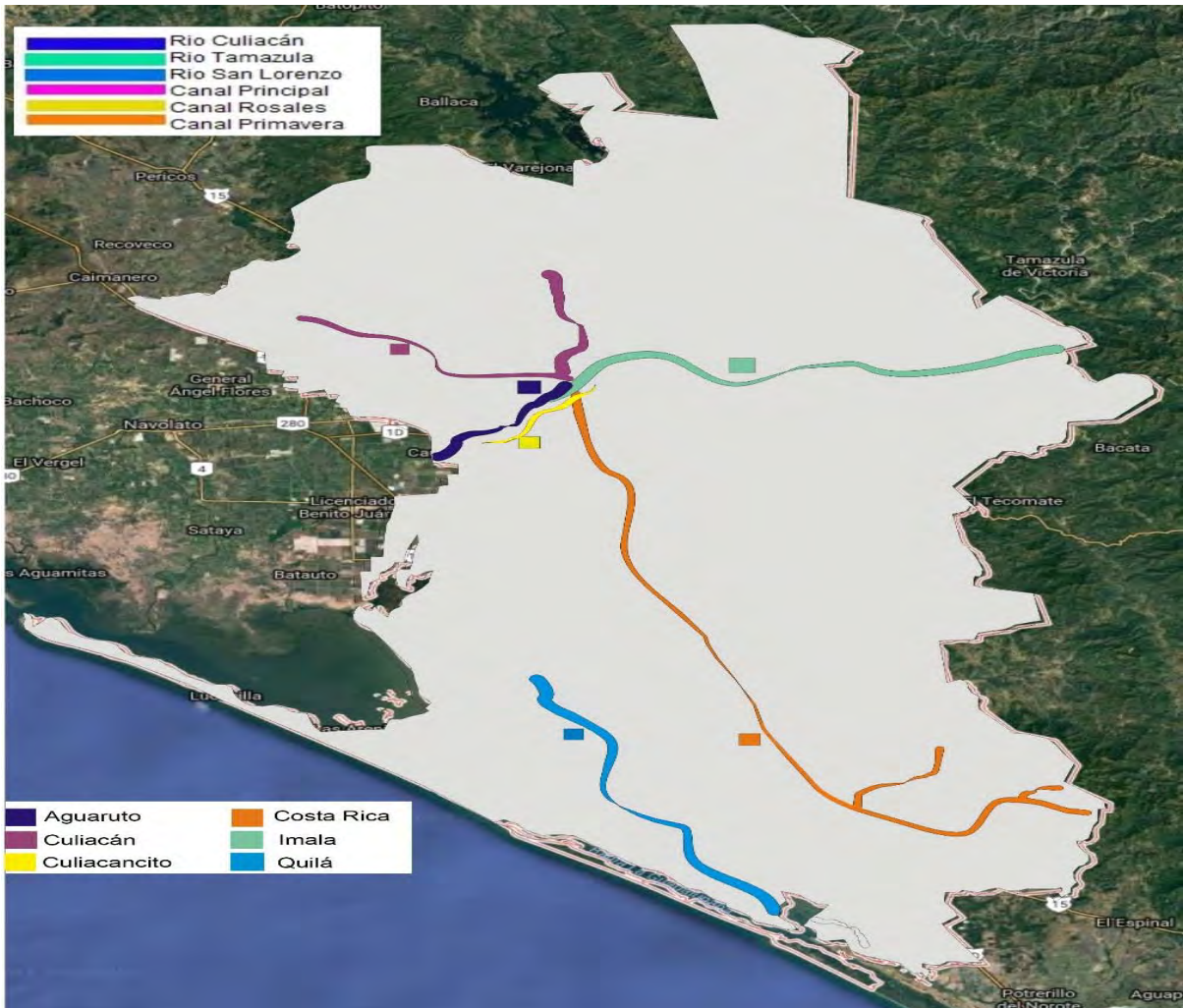
En México el 64,1% del agua de uso consuntivo proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos) siendo la agricultura su principal destino con 76,3% del volumen concesionado. El uso de agua con presencia de *C.* puede representar un riesgo de infección latente para la producción de alimentos, especialmente en regiones de alta producción agrícola como el estado de Sinaloa (con 753,023 hectáreas de siembra)<sup>15</sup> ya que el agua puede ser el vehículo de transporte hacia los alimentos comprometiendo su inocuidad, máxime cuando la viabilidad de ooquistes es desconocida, por ello el objetivo del presente estudio fue determinar la viabilidad en ooquistes de *C. parvum* en aguas de río y canales agrícolas de Culiacán, Sinaloa.

### 3.4. Métodos

En el municipio de Culiacán, Sinaloa, en el noroeste de México, se realizó un estudio observacional transversal descriptivo. Esta región tiene un clima semiseco, cálido, con lluvias en verano, BS1 (h') w (w)(e), según la clasificación de Köppen y modificada por García<sup>16</sup>; con temperatura promedio anual de 25,9 °C, humedad relativa promedio de 68% y precipitación anual promedio de 688,5 mm<sup>17</sup>.

El estudio se realizó de abril a mayo de 2017 (primavera en el hemisferio norte). La presencia de unidades de producción ovinas (UPO) aledañas a la fuente de agua fue el criterio de inclusión, y por conveniencia se muestrearon los ríos San Lorenzo (24°24'6.86"N 107°13'40.54"O), Tamazula (24°51'47.36"N 107°16'9.18"O) y Culiacán

( $24^{\circ}47'53.43''\text{N}$   $107^{\circ}30'27.23''\text{O}$ ), y los canales, Principal ( $24^{\circ}55'30.05''\text{N}$   $107^{\circ}31'45.75''\text{O}$ ), Rosales ( $24^{\circ}48'31.16''\text{N}$   $107^{\circ}26'53.30''\text{O}$ ) y La primavera ( $24^{\circ}36'0.97''\text{N}$   $107^{\circ}19'3.55''\text{O}$ ), los cuales proveen agua para uso doméstico, recreativo, agropecuario e industrial (FIG. 10).



**Figura 10.** Municipio de Culiacán, Sinaloa, México y sitios muestreados de ríos y canales.

En cada sitio de muestreo se tomaron 50 L de agua en contenedores de poliuretano desinfectados<sup>18</sup>, se registró el tipo de afluente (río o canal), temperatura del agua, especies de animales presentes alrededor/dentro del cuerpo de agua y

distancia a la UPO. Las muestras se transportaron a 4 °C al Laboratorio Nacional de Investigación en Inocuidad Alimentaria (CONACyT, México), se procesó antes de 24 h.

Las muestras se procesaron de acuerdo al método 1623 de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos<sup>18</sup>; brevemente, el sistema (consistió de bomba eléctrica (Ultracraft, México), un rotámetro (Mc Crometer, E.E.U.U.) y un manómetro (Winters, Argentina), se limpió pasando 76 L de agua destilada, posteriormente se colocó una cápsula de filtración de polipropileno de 1 µm de porosidad (Envirocheck HV, Pall Gelman, E.E.U.U.) a través de la cual se filtró la muestra a una velocidad de flujo de 2 L/min y presión  $\leq$  30 psi. Después, la cápsula se desensambló del sistema y se lavó dos veces con 125 mL de solución de elución (1 g de Laureth-12, 10 mL de Tris 1 M, 2 mL de EDTA 2 N, pH 8.0, 150 µL antiespumante Y-30/L agua destilada estéril); en la primera, con la válvula en posición de las 12 (según manecillas del reloj), se agitó 5 min y en el segundo, la cápsula se colocó en posición de las 3, después a las 8 y se agitó por 5 min en cada posición. Ambas eluciones se transfirieron a tubos cónicos de polipropileno de 50 mL. Estas muestras se centrifugaron a 1500 xg, durante 15 min a 4 °C en una centrifuga con rotor oscilante (Thermo-Scientific, E.E.U.U.), por último se decantó el sobrenadante hasta un volumen de 5 mL.

Para la flotación, se tomó una alícuota de 500 µL y se depositó en un tubo de 50 mL, se adicionó solución de elución hasta 20 mL, se agitó durante un min y después se añadieron 30 mL de solución Percoll-sacarosa (gravedad específica = 1,09–1,1) formando una interface. Se centrifugó a 1050 xg durante 10 min a 4 °C, se tomaron 25 mL de la fase superior, y depositándolo en tubo aforando hasta 50 mL con solución

de elución; de nuevo se centrifugó previamente descrito y se aspiraron hasta obtener 5 mL del sobrenadante del sedimento formado.

La muestra obtenida de la flotación se agitó durante un min, se colocaron en portaobjeto en 2 pocillos 50  $\mu$ L y 10  $\mu$ L de *C. parvum* (kit A100 FLK AquaGlo™ G/C Direct Waterborne™ Inc, New Orleans, LA, USA) como control positivo, y en otro pocillo 50  $\mu$ L de PBS 150 Mm como control negativo. El portaobjetos se colocó en cabina de flujo laminar durante una hora, enseguida se adicionaron 50  $\mu$ L de metanol y se dejó secar 15 min, se agregaron 45  $\mu$ L de anticuerpo monoclonal en cada pocillo y se incubaron a 37 °C durante 30 min. Se lavó y se colocó una gota de Block out por 1 min; se volvió a lavar y se retiró después de 1 min. Para finalizar se colocó una gota de solución de montaje.

Para la cuantificación y viabilidad de ooquistes se utilizó microscopía de fluorescencia y de contraste de interferencia diferencial (DIC) empleándose un microscopio invertido (LEICA DMI 6000 B, Alemania). Las muestras se observaron bajo el objetivo 40X. Los ooquistes de *Cryptosporidium* se identificaron por su tamaño de 4 a 6  $\mu$ m, forma esférica, estructuras internas y coloración verde manzana brillante (EPA, 1996; 2005). La cuantificación de ooquistes se realizó con la siguiente fórmula:

$$\text{Número de ooquistes}/50 \text{ L} = \frac{\text{Número de ooquistes observados} \times 50}{\text{FVR}}$$

Dónde:

F = Fracción del sedimento llevado a flotación.

V = Volumen de agua filtrada en L.

R= Porcentaje de sedimento examinado expresado en decimales.



Para determinar la viabilidad de los ooquistes se utilizó la técnica descrita por Campbell *et al*<sup>19</sup>. Para ello, los ooquistes con coloración rojo brillante fueron considerados no viables (YP<sup>+</sup>/DAPI<sup>-</sup>), mientras que los ooquistes con azul cielo (DAPI<sup>+</sup>/YP<sup>-</sup>) fueron considerados viables, los ooquistes que no contenían DAPI<sup>-</sup> y YP<sup>-</sup> fueron analizados por microscopía DIC y si presentaban los cuatro núcleos del ooquiste también se declararon viables.

Los valores de concentración de ooquistes y viabilidad se presentan con la mediana y el rango intercuartílico (IQR). Se realizó la prueba de Mann-Whitney para la comparación de las medianas entre tipo de afluente. El nivel de alfa para aceptar diferencia estadística fue máximo de 0,05. Se utilizó el paquete estadístico MINITAB 17.

### 3.5. Resultados

La presencia de *C. parvum* se observó en el 100% de las muestras, con una concentración de 30 a 373 ooquistes/L y mediana de 48 ooquistes/L, concentración de ooquistes viables/L de 10 a 90 y mediana de 22, viabilidad de 25 a 77,7% y mediana de 51,6%, destacando el río Culiacán con mayor concentración y viabilidad de ooquistes de *C. parvum* (Cuadro 8).

De acuerdo con la fuente de agua, la concentración, ooquistes viables/L y viabilidad fueron similares ( $p \geq 0,66$ ), con porcentaje de viabilidad de 47,6 (IQR25-64,8) y 55,5 (IQR33,3-77-7) en agua de canal y río respectivamente (Cuadro 9).

Es de importancia señalar que en todos los sitios de muestreo (6/6) había unidades de producción ovinas cercanas a éstos, así como otras especies, principalmente aves silvestres y domésticas, dentro de los cuerpos de agua; seguido

de bovinos y caprinos que pastoreaban y acudían a éstos como abrevaderos y en menor proporción cerdos y tortugas (Cuadro 10).

### Cuadro 8

Concentración de ooquistes y ooquistes viables de *C. parvum* en aguas superficiales.

IDENTIFICACIÓN	OOQUISTES/L	OOQUISTES VIABLES/L	OOQUISTES VIABLES %
Canal Principal 2º	40	10	25,0
Canal Rosales	56	27	65,0
Canal La Primavera	143	93	47,6
Río San Lorenzo	30	17	56,7
Río Tamazula	30	10	33,3
Río Culiacán	373	290	77,7
Mediana	48 (IQR30-200,8)	22 (IQR10-142,1)	51,6(IQR31,3-66)

### Cuadro 9

Concentración de ooquistes y viabilidad de *C. parvum* en aguas superficiales de ríos y canales (mediana-IQR).

VARIABLE	FUENTE DE AGUA		P
	Canal	Río	
Ooquistes de <i>C. parvum</i> por L	56(40-143,3)	30(30-373)	0,66
Ooquistes de <i>C. parvum</i> viables por L	26,7(10-92,8)	16,7(10-290)	0,99
Viabilidad de ooquistes de <i>C. parvum</i> %	47,6(25-64,8)	55,5(33,3-77,7)	0,66

p=probabilidad (prueba de Mann-Whitney).

**Cuadro 10**

Unidades de producción ovinas y otras especies animales cercanas a los sitios de muestreo.

MUESTRA	PROCEDENCIA DEL AGUA	LOCALIDAD (SINDICATURA)	UPO	DISTAN- CIA DE LA UPO AL AGUA (m)	OTRAS ESPECIES ANIMALES CERCANAS AL AGUA	UBICA- CIÓN O DISTANCIA DE OTRAS ESPECIES AL AGUA (m)
1	Canal Principal 2°	Culiacán	Granjita	600	Bovinos	3
			Limón	1000	*Caprinos	120
			La Hacienda	1000	s	Dentro
			Alborada	1200	*Patos	
2	Canal Rosales	Culiacancito	S. Sebastián	550	Equinos	Dentro
					*Patos	Dentro
					Perros	Periferia
3	Canal Primavera	Costa Rica	Sanfer	80	*Garzas	Dentro
			Tabachines	1700		
			El Trabajo	80		
4	Río San Lorenzo	Quilá	Los Naranjos	1800	Aves	Periferia
			La Loma	700	*Bovinos	100
5	Río Tamazula	Imala	Guayacán	5000	Aves	20
					*Bovinos	Periferia
6	Río Culiacán	Aguaruto	A. del río	80	Bovinos	120
			Fetasa	1400	*Cerdos	60
			El cabrito	2300	*Garzas	Dentro
					Tortugas	Dentro

\*Especies animales observadas con mayor cantidad en el área.

### 3.6. Discusión

Los resultados muestran la presencia de *C. parvum* en todos los cuerpos de agua analizados. De igual forma está descrito en distintos países, con 75% en Canadá<sup>14</sup>, 18,4% en España<sup>13</sup>, 37% India<sup>5</sup>, 32% en China<sup>20</sup> y 69% en México<sup>8</sup> con una concentración de ooquistes de 26,13/100 L, 7 ooquistes/L, 84/20 L, 5,2/10 L, 4,75/1000 L, respectivamente; si bien, los porcentajes son menores a los encontrados en el presente estudio, esto puede deberse al hecho de la actividad eminentemente agrícola y pecuaria del Estado, posee abundantes recursos hidrológicos; por el valle de Culiacán atraviesan 3 ríos que proveen agua para diversas actividades, y a partir de los cuales se derivan canales de riego y diques, es conocido que el agua contaminada representa la principal vía para la diseminación de *C. parvum*<sup>2,5</sup> que provienen de pozos, aguas superficiales e incluso de la red de abastecimiento público<sup>8,14</sup> medio por el cual se puede extender a kilómetros de distancia de manera que la presencia de ooquistes en las aguas de Culiacán sugieren su amplia distribución geográfica, es importante señalar que el 78% del agua producida<sup>15</sup>, se obtiene mediante plantas potabilizadoras que aprovechan el agua superficial y a pesar de los procesos de potabilización estos llegan a ser insuficientes para la remoción de *C.*, además el agua residual tratada es factible de utilizarse en riego de áreas verdes, parques y jardines, así como en riego agrícola de cualquier producto, lo que favorece su diseminación.

En esta investigación, del total de ooquistes obtenidos concentrados, entre 25-77,7% se encontraban viables en aguas superficiales, lo cual concuerda con Atnafu *et al.*<sup>9</sup> quienes obtuvieron viabilidad del 27-100%. Esto denota un riesgo para la salud animal y pública, puesto que a diferencia de otros protozoarios, *C.* es infectivo desde el momento de ser excretado por el hospedero y requiere una dosis infectiva que

oscilan entre 1-10 ooquistes<sup>21</sup>, lo cual es grave pues la concentración mínima observada en las aguas superficiales analizadas fueron 10 ooquistes. *C. parvum* se ha reportado en aguas tratadas y potables<sup>8,9</sup>. Un factor de relevancia en la viabilidad de *C.* es la característica estructural del ooquiste, conformada por una doble pared que le permite resistir factores ambientales adversos<sup>3</sup>. El elevado porcentaje de ooquistes viables en el presente estudio podría atribuirse a la influencia de factores como la época del año<sup>22</sup> la cual coincide con la estacionalidad de las infecciones humanas<sup>14</sup> y animales<sup>11,23</sup>; en la región estudiada la temperatura ambiental en el período analizado osciló entre 24 y 26 °C, en época de primavera; y coincide con lo realizado en ríos de Tailandia donde analizaron la diferencia estacional de contaminación de *C. parvum* en agua superficial, y la mayor prevalencia se presentó cuando la temperatura promedio fue de 28,3 °C<sup>24</sup>, muy cercana a la registrada en este estudio; a diferencia de una investigación en EE.UU. donde la época predominante de *C.* fue en verano y otoño, épocas más húmedas del área estudiada, seguidas de primavera e invierno<sup>11</sup>. Así mismo Chuah *et al.*<sup>10</sup> observaron mayores concentraciones del protozooario en épocas de más humedad (julio-agosto) donde casi se duplicó la concentración del protozooario al compararlo con la época seca (abril-mayo); con la presencia de lluvias en las estaciones húmedas las escorrentías facilitan el transporte de heces de animales con ooquistes hacia las aguas superficiales. Estudios en esta región<sup>25</sup> se realizaron en época seca y húmeda (febrero-septiembre), encontrando 40% del agua superficial colectada positiva al protozooario con una concentración 17 a 200 ooquistes/100 L, valores menores a los presentados, además de no determinar la viabilidad de los ooquistes. Estos hallazgos señalan la importancia de la presencia del protozooario en las aguas en diferentes estaciones del año, por lo cual es necesario conocer el

comportamiento del microorganismo en las diferentes épocas a fin de dilucidar su dinámica estacional en la región estudiada, ya que la mayoría de los autores concluyen que la mayor concentración de *C.* se presenta en la época húmeda<sup>10,12,26</sup>.

Las aguas superficiales están expuestas a diversos factores de contaminación por *C. parvum*, así se han reportado en agua de mar (6%), de río (11%)<sup>24</sup> y aguas de canal (44.89%)<sup>25</sup>. En esta investigación ooquistes de *C.* se observaron tanto en agua de río como de canal, aunque la diferencia no fue significativa el agua de río contuvo mayor porcentaje de ooquistes viables y podría atribuirse al paso de sus aguas por poblaciones rurales y urbanas a través de las cuales se vierten desechos y aguas residuales; condiciones diferentes a los canales de riego donde por sus características estructurales y revestimiento de paredes disminuyen la filtración de microorganismos; debido a su uso doméstico, agrícola, pecuario y recreacional, es imperativo establecer medidas de protección y vigilancia a estos cuerpos de agua y prevenir riesgos de contaminación.

La presencia de *C.* se ha señalado en diversas especies animales<sup>2,27,28,29</sup>, no obstante en humanos se reportan infecciones con más de 15 especies, la mayoría de éstas se atribuyen a *C. hominis* y *C. parvum*<sup>29</sup>, así mismo en animales, *C. parvum* se reporta como la especie más importante en bovinos, ovinos y caprinos, tanto por las pérdidas económicas que provoca como la morbimortalidad asociada a la enfermedad y fuente de ooquistes que son dispersados causando brotes en humanos y animales<sup>2</sup>. En Tailandia, *C.* fue detectado en ganado y sugiere la transmisión e infección del protozooario por ingestión directa de materia fecal presente en campos comunales donde pastan y defecan las manadas, así como también pueden estar expuestos mediante las aguas superficiales contaminados con este parásito<sup>10</sup>. Las prácticas

agrícolas y ganaderas pueden estar implicadas en la contaminación del agua por diversos microorganismos, entre ellos *C.*<sup>7,13,26</sup>. La contribución de la presencia de animales cercanas a las aguas superficiales en la región estudiada aún es desconocida. De los sitios muestreados el 100% se ubicó en distancias de entre 80 y 5000 m de UPO, de las cuales en una investigación previa se detectó una prevalencia de 41,58%, y el factor de riesgo fue la fuente de agua suministrada a los ovinos, con 2,3 veces mayor riesgo de presentar *C. spp* cuando eran abastecidos por agua de dique<sup>23</sup>, lo que podría sugerir una contaminación cíclica<sup>30</sup>. Aunado a ello, otras especies animales (productivas y silvestres) también se observaron en las cercanías a las tomas de muestra, particularmente en el río Culiacán, el cual cruza por la capital del estado y poblados contiguos, y donde se observó el mayor porcentaje (290/373) de ooquistes viables, aunque esta diferencia no fue posible demostrarla estadísticamente en este sitio, además de UPO muy cercanas también se localizaba al borde del río una granja porcícola y un corral de bovinos; y garzas dentro del cuerpo de agua, donde se refugian, esto coincide con el estudio de río y aguas marinas, donde en estas últimas el nivel más alto de contaminación correspondía con la presencia de gaviotas migratorias<sup>24</sup>. Prácticas como la fertilización de la tierra con heces animales para las siembras son habituales en esta región, estos abonos orgánicos se mezclan con las tierras de cultivo y en épocas de lluvias pueden arrastrarse a los cuerpos de agua más cercanos, estos eventos hidrológicos facilitan la diseminación de ooquistes de la superficie de la tierra al agua superficial<sup>11,12</sup>. Algunos sistemas de producción en el área de estudio, son extensivos<sup>23</sup>, donde bovinos, ovinos y caprinos pastorean libres en praderas, agostaderos o poblados, los animales criados bajo este sistema acuden a beber y por ende se presume puedan contaminar con sus patas o mediante

defecación en aguas y canales<sup>10</sup>, lo que puede ser un riesgo de contaminación de productos agrícolas al adherirse a las superficies de los cultivos<sup>25</sup>. Aunque el estudio de agua demuestra la presencia de *C. parvum*, es importante señalar que la prevalencia del protozooario en especies animales es poco conocida por lo que será importante relacionar o conocer el papel que juegan estos en la epidemiología del parásito además de continuar los estudios de genotipificación que permitan identificar las fuentes de contaminación de agua.

### **3.7. Conclusión**

El estudio demuestra la presencia de *C. parvum* (100%) y una mediana de 22 ooquistes viables/L (IQR 10-142,1) en aguas superficiales de ríos y canales en rangos superiores a las dosis infectivas, lo cual sugiere un riesgo potencial de transmisión a humanos y animales al ser una región altamente agrícola y ganadera.

### **3.8. Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) México, por el apoyo económico para la formación de recursos humanos en este proyecto (436157 y 718472)

### **3.9. Declaración de conflicto de intereses**

No se declaran conflictos de intereses.



### 3.10. Bibliografía

1. Organización Mundial de la Salud. Agua. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>; 2017 [consultada 16.01.18].
2. Navarro-i-Martinez L, del Águila C, Bornay FJ. Cryptosporidium: un género en revisión Situación en España. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2011; 29:135–43. <http://doi.org/10.1016/j.eimc.2010.12.002>
3. Nasser AM, Tweto E, Nitzan Y. Die-off of *Cryptosporidium parvum* in soil and wastewater effluents. *J Appl Microbiol*. 2007; 102:169-76. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03048.x>
4. Gallego JLM, Heredia MHL, Salazar HJJ, Hernández MTM, Naranjo GMM, Suárez HBL. Identificación de parásitos intestinales en agua de pozos profundos de cuatro municipios. Estado Aragua, Venezuela. 2011-2012. *Rev Cuba de Med Trop*. 2014; 66:164-73. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S037507602014000200002&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037507602014000200002&lng=es).
5. Daniels ME, Shrivastava A, Smith WA, Sahu P, Odagiri M, Misra PR, Panigrahi P, Suar M, Clasen T, Jenkins WM. Cryptosporidium and Giardia in humans, domestic Animals, and village water sources in rural India. *Am J Trop Med Hyg*. 2015; 93:596–600. <http://doi.org/doi:10.4269/ajtmh.15-0111>
6. Kumar T, Abd MMA, Onichandran S, Jaturas N, Andiappan H, Salibay CC, Tabo HAL, Tabo N, Dungca JZ, Tangpong J, Phiriyasamith S, Yuttayong B, Polseela R, Do BN, Sawangjaroen N, Tan T, Lim YAL, Nissapatorn V. Presence of *Cryptosporidium parvum* and *Giardia lamblia* in water samples from Southeast Asia:

- towards an integrated water detection system. *Infect Dis of Poverty*. 2016; 5:2-12.  
<http://doi.org/10.1186/s40249-016-0095-z>
7. Kolören Z, Delioğlu BK, Tas B. Detection of *Cryptosporidium* oocysts by loop mediated isothermal amplification (lamp) in surface water from river yeşilirmak and stream tersakan (samsun-amasya). *Anadolu Univ. J. of Sci. and Technology C– Life. Sci. and Biotech*. 2017; 6:31-7. <http://doi.org/10.18036/aubtdc.269434>
  8. Díaz-Cinco ME, Leyva EE, Mata-Haro V, González-Ríos H. Incidencia y viabilidad de *Cryptosporidium parvum* en el agua potable de ciudad Obregón, Sonora, México. *Rev Int Contam Ambient*. 2003; 19:67-72.  
<http://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/25138>
  9. Atnafu T, Kassa H, Keil C, Fikrie N, Leta S, Keil I. Presence, viability and determinants of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in the addis ababa water supply and distribution system. *Water Qual Expo Health*. 2012; 4:55–65.  
<http://doi.org/10.1007/s12403-012-0065-z>
  10. Chuah JC, Mukhaidin N, Choy HS, Smith GJD, Mendenhall IH, Lim YAL, Ziegler AD. Prevalence of *Cryptosporidium* and *Giardia* in the water resources of the Kuang River catchment, Northern Thailand. *Sci of the Total Environ*. 2016; 562:701–13.  
<http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.247>
  11. Keeley A, Faulkner BR. Influence of land use and watershed characteristics on protozoa contamination in a potential drinking water resources reservoir. *Water Res*. 2008; 42:2803-13. <http://doi.org/10.1016/j.watres.2008.02.028>

12. Burgos AL, Alvarado BM, Páez BP, Hernández MR. Patrones espacio temporales de la condición microbiológica del agua de fuentes comunitarias y amenazas a la salud familiar en cuencas estacionales del bajo balsas (México). *Rev Int Contam Ambient.* 2017; 33:199-213. <http://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.02.02>
13. Gracenea M, Gómez MS, Ramírez CM. Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in water from irrigation channels in Catalonia (NE Spain). *Rev Ibero-Latinoam Parasitol.* 2011; 70:172-177. [www.parasitaria.org/journal/download/pdf/id/95](http://www.parasitaria.org/journal/download/pdf/id/95)
14. Lapen PDR, Schmidt PJL, Thomas JL, Edge T, Flemming C, Keithlin J, Neumann N, Pollari F, Ruecker N, Simhon A, Topp E, Wilkes G, Pintar KDM. Towards a more accurate quantitative assessment of seasonal *Cryptosporidium* infection risks in surface waters using species and genotype information. *Water Res.* 2016; 105:625-37. <http://doi.org/10.1016/j.watres.2016.08.023>
15. Comisión Nacional del Agua (CNA). <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/usos-del-agua>; 2018[consultada 13.02.18].
16. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.:2004, p. 13-21.
17. Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática, Censo Agrícola Ganadero y Forestal 2007, <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/sin/clim.cfm?c=444&e=09>; 2009 [consultada 13.01.2018].
18. United States Environmental Protection Agency (EPA). Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in Water by Filtration/IMS/FA. Office of Water, Washington, DC, USA: 2005, p. 52-78.

19. Campbell AT, Robertson LJ, Smith HV. Viability of *Cryptosporidium parvum* oocysts: correlation of in vitro excystation with inclusion or exclusion of fluorogenic vital dyes. *Appl Environ Microbiol.* 1992; 58:3488-93. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(95\)00072-S](https://doi.org/10.1016/0043-1354(95)00072-S)
20. Feng Y, Zhao X, Chen J, Jin W, Zhou X, Li N, Wang L, Xiao L. Occurrence, source, and human infection potential of *Cryptosporidium* and *Giardia* spp in source and tap water in Shanghai, China. *Appl Environ Microbiol.* 2011;77:3609–16. <https://doi.org/10.1128/AEM.00146-11>
21. Basualdo J, Pezzani B, Luca M, Córdoba A, Apezteguía M. Screening of the municipal water system of La Plata, Argentina, for human intestinal parasites. *Int J Hyg Environ Health.* 2000; 203:177-82. [https://doi.org/10.1078/S1438-4639\(04\)70025-5](https://doi.org/10.1078/S1438-4639(04)70025-5)
22. Poma HR, Gutiérrez CD, Garcé B, Gonzo EE, Rajal VB. Towards a rational strategy for monitoring of microbiological quality of ambient waters. *Sci Total Environ.* 2012; 433:98–109. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.06.019>
23. Castro-del Campo N, Castro-del Campo N, Enríquez VI, Portillo LJJ, Gaxiola CSM. Prevalencia y factores de riesgo asociados a *Cryptosporidium* spp en corderos de pelo del municipio de Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Científica FCV-LUZ.* 2017; 27:211-19. <http://www.redalyc.org/html/959/95953011003/>

24. Koompapong K, Sukthana Y. Seasonal variation and potential sources of *Cryptosporidium* contamination in surface waters of Chao Phraya river and bang Pu nature reserve pier, Thailand. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*. 2012; 43:833-40.  
[www.tm.mahidol.ac.th/seameo/2012-43-4/03-5509-6.pdf](http://www.tm.mahidol.ac.th/seameo/2012-43-4/03-5509-6.pdf)
25. Chaidez C, Soto M, Gortares P, Mena K. Occurrence of *Cryptosporidium* and *Giardia* in irrigation water and its impact on the fresh produce industry. *Int J Environ Health Res*. 2005; 15:339 – 45. <https://doi.org/10.1080/09603120500289010>
26. Tryland I, Robertson L, Blankenberg AB, Lindholm M, Rohrlack T, Liltved H. Impact of rainfall on microbial contamination of surface water. *Int J Clim Chan Str Management*. 2011; 3:361-73. <https://doi.org/10.1108/17568691111175650>
27. Xiao L, Fayer R, Ryan U, Upton SJ. *Cryptosporidium* Taxonomy: Recent Advances and implications for public health. *Clin. Microbial Rev*. 2004; 17:72-97. <https://doi.org/10.1128/CMR.17.1.72-97.2004>
28. Cieloszyk J, Goñi P, García G, Remacha MA, Sánchez E, Clavel A. Two cases of zoonotic cryptosporidiosis in Spain by the unusual species *Cryptosporidium ubiquitum* and *Cryptosporidium felis*. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2012; 30:549–51. <http://doi.org/10.1016/j.eimc.2012.04.011>
29. Checkley W, Clinton WA, Jaganath D, Arrowood JM, Chalmers RM, Chen XM, Fayer R, Griffiths JK, Guerrant RL, Hedstrom L, Huston CD, Kotloff KL, Kang G, Mead JR, Miller M, Petri WA, Priest JW, Roos DS, Striepen B, Thompson ARC, Ward HD, Voorhis WAB, Xiao L, Zhu G, Houpt ER. A review of the global burden, novel diagnostics, therapeutics, and vaccine targets for *Cryptosporidium*. *Lancet Infect Dis*. 2015; 15:85–94. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(14\)70772-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(14)70772-8).

30. Wells B, Shaw H, Hotchkiss E, Gilray J, Ayton R, Green J Katzer F, Wells A, Innes E. Prevalence, species identification and genotyping *Cryptosporidium* from livestock and deer in a catchment in the Cairngorms with a history of a contaminated public water supply. *Parasites & Vectors*. 2015; 8:2-13. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0684-x>

## **CAPÍTULO 4. *Cryptosporidium* spp: PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO EN CORDEROS DE PELO EN ÉPOCA DE INVIERNO Y PRIMAVERA.**

El capítulo 4 se integra por el artículo en proceso de envío, a revista científica incluidas en el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) o en *Journal of Citation Reports*®. Al igual que los capítulos 2 y 3 el escrito que integra este apartado pretende contribuir parcialmente al objetivo general del documento de tesis; el artículo será enviado a la revista *International Journal for Parasitology* que tiene como objetivo publicar los resultados de la investigación original en todos los aspectos de la parasitología básica y aplicada, que van desde parásitos y relaciones huésped-parásito de interés biológico intrínseco a los de importancia social y económica en medicina y agricultura humana y veterinaria.

### **Artículo 3.**

---

**Título:** *Cryptosporidium* spp: prevalencia y factores de riesgo en corderos de pelo en época de invierno y primavera.

**Autores:** Nohemí Castro-del Campo, Nohelia Castro-del Campo, Claudia Berenice De Dios-Quiñones, Idalia Enríquez-Verdugo, Soila Maribel Gaxiola-Camacho, Jesús José Portillo-Loera\*.

**Revista:** *International Journal for Parasitology*

**Índice de impacto:** 3.730

---

## ***Cryptosporidium* spp: PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO EN CORDEROS DE PELO EN ÉPOCA DE INVIERNO Y PRIMAVERA.**

### ***Cryptosporidium* spp: PREVALENCE AND RISK FACTORS IN LAMBS OF HAIR IN WINTER AND SPRING SEASON.**

*Nohemí Castro-del Campo*<sup>1</sup>, *Nohelia Castro-del Campo*<sup>2</sup>, *Claudia Berenice De Dios-Quiñonez*<sup>1</sup>, *Idalia Enríquez-Verdugo*<sup>1</sup>, *Soila Maribel Gaxiola-Camacho*<sup>1</sup>, *Jesús José Portillo-Loera*<sup>1\*</sup>.  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa<sup>1</sup>. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Culiacán, Sinaloa, México. Blvd. San Ángel s/n. Culiacán, Sinaloa, 80236 México. Fax: +52 (667) 718-1650. \*portillo6422@uas.edu.mx

#### **4.1. RESUMEN**

Un estudio epidemiológico transversal se realizó en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México, con el objetivo de determinar la prevalencia y factores de riesgo asociados con *Cryptosporidium* spp en corderos de hasta 90 días de edad durante época de invierno y primavera. Se incluyeron 23 unidades de producción ovina (UPO) bajo sistema de producción intensivo o extensivo y 760 muestras de heces de corderos. Para identificar ooquistes de *Cryptosporidium* spp se prepararon frotis teñidos con la técnica Ziehl-Neelsen modificada, examinados bajo el objetivo de inmersión (100X) para permitir la identificación del protozooario y el conteo se determinó por el número de ooquistes observados en 20 campos al azar, con escala de 0 a 4. El análisis se realizó con prueba de Ji cuadrada, prueba exacta de Fisher y regresión logística multivariada ( $P < 0.10$ ). La prevalencia general fue de 45.39% [Intervalo de confianza (IC) 95% 41.81; 49.01%]; la observación de 2 a 5 ooquistes por muestra en el conteo semicuantitativo tuvo la frecuencia más alta con 41.45%. El riesgo de un cordero positivo a *Cryptosporidium* fue 2.64 veces mayor en primavera que en invierno ( $P < 0.0001$ ); y la zona de producción en el valle presentó 1.58 veces mayor riesgo de resultado positivo a *Cryptosporidium* que la zona de los altos ( $P < 0.0532$ ). Se concluye que *Cryptosporidium* spp es un parásito ubicuo al observarse en el 100% de las UPO, asociado a la época de primavera y zona de los valles como factores de riesgo; por lo tanto, es necesario continuar con estudios moleculares para determinar las especies de *Cryptosporidium* en los corderos.

Palabras clave: *Cryptosporidium*; corderos; prevalencia; factor de riesgo; época.



#### 4.2. ABSTRACT

A cross-sectional epidemiological study was conducted in the municipality of Culiacán, Sinaloa, Mexico, with the objective of determining the prevalence and risk factors associated with *Cryptosporidium* spp in lambs under 90 days of age during the winter and spring seasons. A total of 23 sheep production units (UPO) and 760 lambs aged 1 and 90 days were evaluated under intensive or extensive production systems. The fecal samples were stained with the modified Ziehl-Neelsen technique, examined under the objective of immersion (100X) to allow the identification of the protozoon and the count was determined by the number of oocysts observed in 20 random fields, with levels of 0 to 4. The general prevalence was 45.39% [Confidence interval (CI) 95% 41.81; 49.01%], 100% of the UPOs were positive to *Cryptosporidium* with variation between the UPO from 25 to 68%. The observation of 2 to 5 oocysts per sample in the semiquantitative count had the highest frequency with 41.45%. The risk of an animal positive to *Cryptosporidium* was 2.64 times higher in spring than in winter ( $P < 0.0001$ ); another factor was the production area with a 1.58 times higher risk of presenting *Cryptosporidium* in the valley zone ( $P < 0.0532$ ). It is concluded that *Cryptosporidium* spp is a ubiquitous parasite when observed in 100% of the UPO, associated with the spring season and valley zone as risk factors; therefore, it is necessary to continue with molecular studies to determine the species of *Cryptosporidium* in lambs.

Keywords: *Cryptosporidium*; lambs; prevalence; risk factor; season.

### 4.3. INTRODUCCIÓN

*Cryptosporidium* es un parásito protozooario ubicuo en humanos y animales (Xiao, 2010), y se considera como uno de los principales enteropatógenos que produce gastroenteritis severa en rumiantes recién nacidos (Sharma y Busang, 2015). Las infecciones provocadas por el parásito en ganado puede llevar a pérdidas económicas debido a la morbilidad y mortalidad (Lendner *et al.*, 2011); asociada a la diarrea, deshidratación y pérdida de peso (Wang *et al.*, 2014). Los animales jóvenes parecen ser más susceptibles a la enfermedad, mientras que las infecciones en animales adultos a menudo son asintomáticas o no ocurren (Castro-Hermida *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2011). El ciclo de vida de *Cryptosporidium* es directo y los ooquistes son la etapa infecciosa del parásito que se liberan en las heces, se acumulan rápidamente en el medio ambiente y son infectantes por meses bajo condiciones favorables (Fayer *et al.*, 2000; Shafiq *et al.*, 2015). La prevalencia de *Cryptosporidium* se ha descrito mundialmente y oscila entre 11.3 y 67.5% (Gharekhani *et al.*, 2014; Romero *et al.*, 2016); y se asocia a factores como la temporada, zona geográfica, fuente de agua suministrada, tamaño del hato, condiciones higiénico-sanitarias, sistema de producción, edad de los animales, entre otros (Castro-Hermida *et al.*, 2002; Venua *et al.*, 2012; Castro-del Campo *et al.*, 2017). En México tradicionalmente los pequeños rumiantes han estado en manos de los productores más marginados, de bajos recursos económicos y alejados de los beneficios de la asistencia técnica y la tecnología, sin embargo, en la producción ovina, cada vez es más frecuente el flujo de capital financiero, dando origen a una producción pecuaria empresarial muy promisoría (Cuellar *et al.*, 2011). Los estudios de *Cryptosporidium* en esta especie son limitados, por ello, el objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia y factores de riesgo potenciales asociados a *Cryptosporidium* spp en corderos de pelo durante época de invierno y primavera.

## **4.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.4.1. Área de estudio**

El estudio se realizó en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México (24°46' 13" LN y 107° 21' 14" LO). La región se caracteriza por tener un clima BS1 (h') w(w)(e), el cual se define como clima semiseco, muy cálido, con lluvias en verano, según la clasificación de Köppen y modificada por García (García, 1988); con temperatura promedio anual de 25.9°C, máxima promedio de 30.4°C en junio y julio, y mínima promedio de 20.6°C en enero; la humedad relativa promedio es de 68%, con máxima de 81% en septiembre y mínima de 51% en abril; la precipitación anual promedio es de 688.5 mm (CIAPAN, 2002).

### **4.4.2. Tipo de estudio y tamaño de muestra**

Se realizó un estudio transversal de diciembre de 2014 a marzo de 2015. La unidad de muestreo fue la unidad de producción ovina (UPO). Para obtener el número de UPO que se incluyeron (n=23) se consideró el 100% (13 productores) que integran la Asociación Ganadera Local Especializada de Criadores de Ovinos y Caprinos de Culiacán (FIG. 11), y 10 productores no asociados que aceptaron colaborar. En 2013 Sinaloa tenía registradas 162,213 cabezas ovinas, de las que 43,560 estaban en el municipio de Culiacán, distribuidas en 125 UPO (SIAP, 2013), por lo que la muestra representó el 18.4% de las UPO. El muestreo de UPOs y corderos fue por conveniencia, con base a la cooperación del dueño, la facilidad para el acceso a la granja en cada sindicatura, así como la facilidad de captura de los corderos. El estudio se realizó en UPOs de 10 sindicaturas del municipio que representa el 55.6%.

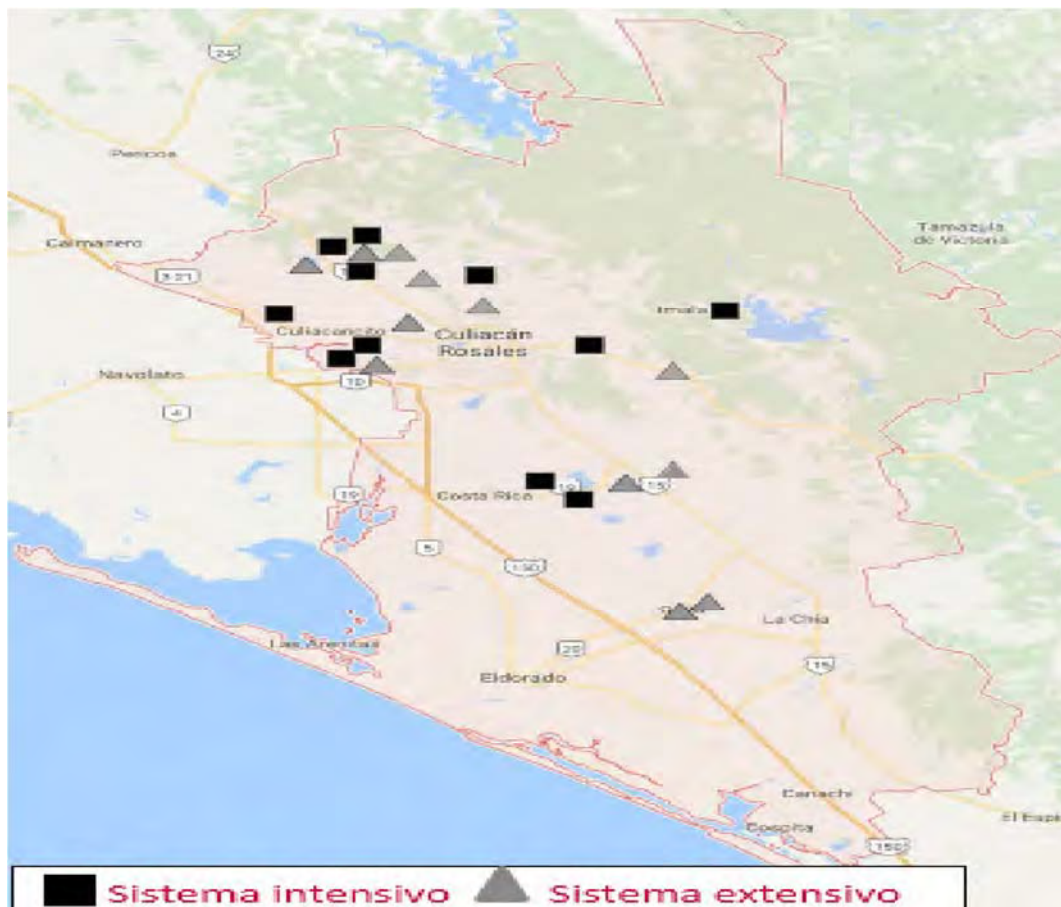


Figura 11. Localización de las unidades de producción ovina en el municipio de Cuiacán, Sinaloa, México.

Debido a que al realizar la visita para el muestreo se desconocía en cada UPO el número de corderos existentes, por causa de corderos muertos y vendidos, se consideró el número de adultos (Cuadro 11), y se decidió muestrear un número de corderos que representó al menos el 10% de los adultos en cada UPO. Se realizaron muestreos en invierno y primavera, en los que los corderos no fueron siempre los mismos. Se muestrearon 760 corderos (380 en invierno y 380 en primavera) con edades comprendidas entre 1 y 90 días (d), la edad se confirmó mediante los registros individuales o por cronometría dentaria (Cuellar *et al.*, 2011).

**Cuadro 11. CORDEROS ANALIZADOS POR SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y UPO.**

SINDICATURA	UPO	SISTEMA DE PRODUCCIÓN		OVINOS ADULTOS	CORDEROS MUESTREADOS
		INTENSIVO	EXTENSIVO		
Villa Adolfo L.M	Agrícola Limón		•	80	10
	La Hacienda		•	150	20
	La granjita	*		120	17
	Alborada	*		180	18
El Salado	El alacrán		•	70	11
Costa Rica	El trabajo		•	20	5
	Agrícola Sanfer	*		150	15
	Agrícola Tabachines	*		180	20
Quilá	Naranjos		•	70	12
	La Loma		•	30	5
Aguaruto	Fetasa		•	200	22
	Agrícola del Río	*		45	5
	Los Cabritos	*		200	20
Culiacancito	San Sebastián		•	250	25
	Agrícola Quiroz	*		250	25
	Los Otates		•	180	20
Las Tapias	Santa María	*		130	15
Sanalona	Baldomero		•	20	5
Imala	Guayacán	*		200	25
Culiacán	Guásima		•	230	25
	Agrícola Mojolo	*		300	35
	Ganadera Verdugo	*		80	15
	Campo Morelia		•	180	20

#### 4.4.3. Colecta de muestras y análisis de laboratorio

Las heces se obtuvieron directamente en el recto con guante de látex y sólo por enema en los corderos menores de 1 mes (m), luego las muestras fueron identificadas y se refrigeraron a temperatura no mayor a 4 °C hasta su traslado y análisis (MABE, RMP65YL, Estado de México, México) en el laboratorio de Parasitología de la Universidad Autónoma de Sinaloa; al mismo tiempo se registró información sobre: época del año (invierno y primavera), zona de producción (valle y altos), sistema de producción (intensivo y extensivo) de la UPO, fuente de agua suministrada (dique y pozo), edad del cordero en días (de 1 a 30, mayor de 30 a 60 y mayor de 60 a 90 d), consistencia de las heces (normales y blandas), sexo del cordero (hembra y macho) y presencia de bovinos (si y no).

La detección de ooquistes de *Cryptosporidium* spp en las muestras fecales se efectuó mediante la técnica de Ziehl-Neelsen Modificada (OIE, 2008). La observación de los frotis se realizó mediante un microscopio óptico de luz (Carl Zeiss Axiostar®, EUA) con el objetivo de inmersión (100X) y los ooquistes se identificaron con base a las características morfológicas. El conteo de los ooquistes se obtuvo mediante un método semicuantitativo, según lo establecido por Castro-Hermida *et al.* (2002) de acuerdo con el número promedio de ooquistes en 20 campos seleccionados al azar, con escala: 0 (sin ooquistes), 1 (1 ooquiste), 2 (2 a 5 ooquistes), 3 (6 a 10 ooquistes) y 4 (mayor a 11 ooquistes).

#### 4.4.4. Análisis estadístico

Un caso se definió como aquel cordero positivo con al menos un ooquiste de *C. spp*. La prevalencia se estimó como el número de corderos positivos entre el total de corderos muestreados.

Los resultados de la observación al microscopio (positivo o negativo) se resumieron en cuadros de contingencia por factor y se analizaron para detectar asociación entre el resultado y el factor con la prueba de Ji cuadrada, para la edad del cordero se realizó el análisis con la prueba exacta de Fisher al considerar las categorías de edad en cuadro de contingencia 2 x 2. Para determinar los factores de riesgo de resultados positivos se aplicó análisis de regresión logística multivariado. El modelo general fue:

$$\pi(x) = \frac{\exp(\alpha + \sum \beta_i x_i)}{1 + \exp(\alpha + \sum \beta_i x_i)}$$

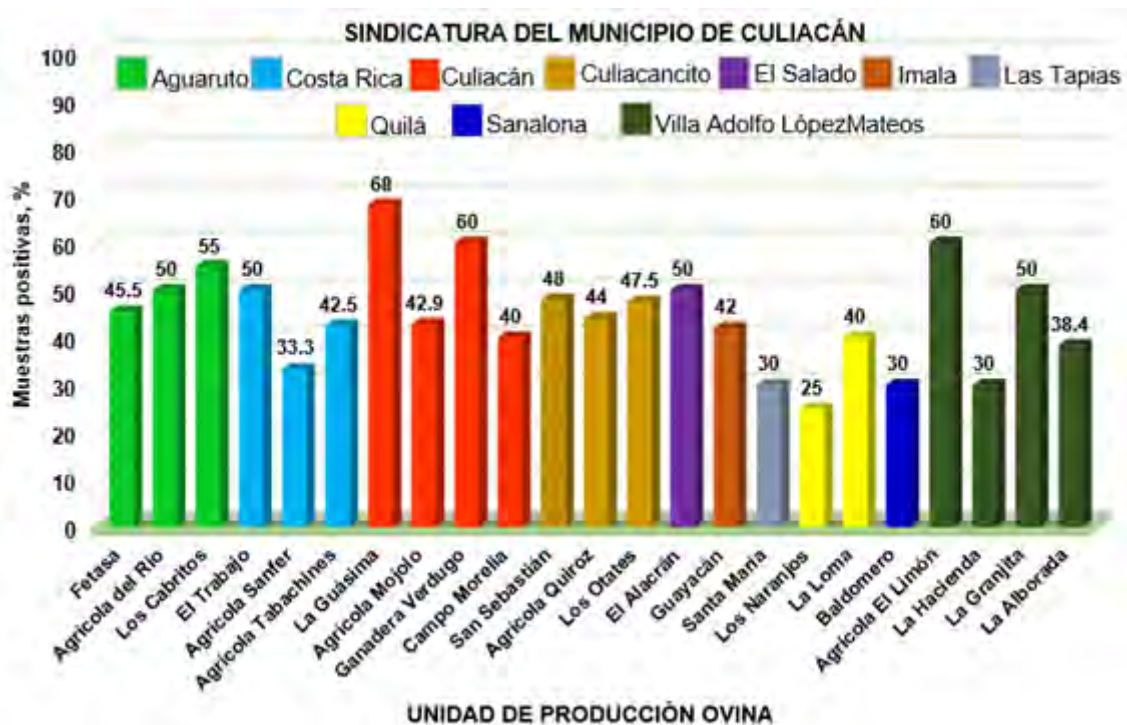
Donde:  $\pi(x)$ , el valor de  $\pi$  puede variar a medida que cambia el valor de  $x$ , y se quiere describir su dependencia; los valores de  $x_i = (x_1, \dots, x_p)$  son las variables predictoras  $p$ ,  $x_i$  representa el vector de variables independientes;  $\exp$  es la base de los logaritmos naturales 2.71828;  $\alpha$  es el valor del intercepto;  $\beta_i$  son los valores de los coeficientes de regresión (Agresti, 2002). La edad del cordero se incluyó en las categorías de 1 a 30, y mayor de 30 hasta 90 días. Para éste análisis se utilizó el procedimiento LOGISTIC (SAS, 2001) con la opción `hacía atrás`, para estimar el grado

de asociación [razón de probabilidades (OR)] y los intervalos de confianza, así como los estimadores de los parámetros del modelo de regresión y su error estándar. El nivel de alfa para considerar asociación entre el factor con el resultado positivo, y estimar el factor de riesgo, fue máximo de 0.06.

#### 4.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, las 23 UPO (100%) fueron positivas al protozooario y de las 760 muestras analizadas, 345 resultaron positivas a *Cryptosporidium* spp, con prevalencia general de 45.39% (IC95% 41.81; 49.01%). Entre las UPO, la prevalencia varió de 25 a 68% (GRÁFICA 1). Por sindicatura, la prevalencia promedio fue: Culiacán 52.72%, Aguaruto 50.15%, El Salado 50%, Culiacancito 46.5%, Villa Adolfo López Mateos 44.60%, Imala 42%, Costa Rica 41.94%, Quilá 32.5%, Sanalona 30% y Las Tapias 30%.

La prevalencia de *Cryptosporidium* spp en diferentes partes del mundo es variable, como las reportadas en Irán, 11.3% (Gharekhani *et al.*, 2014), Botswana, 13.3% (Sharma y Busang, 2015), Turquía, 13.63%, (Ozidal *et al.*, 2009), China, 14.6% (Shen *et al.*, 2011), España, 31% (Castro-Hermida *et al.*, 2007), todas menores a las reportadas en el presente estudio; y al comparar con las prevalencias de *Cryptosporidium* en México, de igual manera es mayor a lo observado en el estado de México con un 35.5% de ovejas positivas y un 33% de corderos (Alonso *et al.*, 2005); así mismo en el sur de México, con 19.52% en la Huasteca alta de Veracruz (Guillén *et al.*, 2013), y menor a la observada en la región centro oeste de Veracruz con 67.5% (Romero *et al.*, 2016), y coincide con el estudio realizado en la misma área de Sinaloa con 41.58% (Castro-del Campo *et al.*, 2017).



**FIGURA 12. PREVALENCIA DE *Cryptosporidium* spp EN CORDEROS DE PELO POR SINDICATURA Y UPO.**

Las variaciones de prevalencia en los corderos en las distintas regiones del mundo puede deberse a condiciones ambientales y distintos niveles de contaminación en los mismos, así como prácticas de manejo, que al interactuar propician condiciones favorables para la infección a los corderos. Las condiciones generalmente cálidas de la región pueden propiciar condiciones idóneas para mantener su infectividad en el rebaño. La prevalencia anual en esta región en época de verano y otoño es de 41.58% (Castro-del Campo *et al.*, 2017) a 45.39% según el resultado del presente estudio; y al observarse en el 100% de las UPO, debe considerarse como un agente de riesgo para la salud animal y pública.

El conteo de ooquistes de *Cryptosporidium* spp se observa en el cuadro 12. La mayor frecuencia se observó en la categoría de 2 a 5 ooquistes (143/345), seguido del nivel de 1 ooquiste (127/345), los conteos de 6 a 10 ooquistes y mayor que 10 ooquistes observaron frecuencia de 53 y 22, respectivamente.



**Cuadro 12. CONTEO DE OOQUISTES DE *Cryptosporidium* spp EN HECES DE CORDEROS DE PELO.**

Ooquistes	Frecuencia	Porcentaje
1	127	36.81
2 a 5	143	41.45
6 a 10	53	15.36
> 10	22	6.38

Castro-Hermida *et al.* (2002) observaron en bovinos que el nivel de excreción fue de más de 10 ooquistes en el 53% de las muestras, superior a lo observado en el presente estudio, y podría atribuirse a la mayor eliminación de ooquistes de los bovinos, por ello, estos son considerados los principales reservorios, especialmente los becerros (Xiao, 2010). En corderos la excreción fue de 1 ooquiste en más del 50% de los corderos de 1 a 21 d y con 2 o más ooquistes el 13% en corderos de 22 a 90 d (Causapé *et al.*, 2002); así mismo, Castro-del Campo *et al.*, (2017), al analizar la excreción en corderos menores de 90 días, 292 (61.60%) de las muestras se observaron con un ooquiste y 128 (27.00%) se observaron de 2 a 5 ooquistes. Estos resultados coinciden con ésta investigación al observar los mayores porcentajes de excreción en la escala de 1 y 2 (de 1 a 5 ooquistes); y si bien, son los niveles más bajos de excreción, deben considerarse como una fuente potencial de infección al ambiente debido a la dosis infectante baja necesaria para los animales, su rápido ciclo de vida y la capacidad para autoinfectar a su hospedador (Basualdo *et al.*, 2000; Fayer *et al.*, 2004).

Con respecto a la asociación, de los ocho factores analizados (Cuadro 13), tres mostraron asociación con el resultado positivo: época del año ( $P < 0.0001$ ), edad del cordero ( $P < 0.0004$ ) y zona de producción ( $P < 0.06$ ); sin embargo, para el análisis de los factores de riesgo, de los ocho factores, sólo la época del año ( $P < 0.0001$ ) y la zona donde se ubica la UPO ( $P < 0.0532$ ) resultaron significativos ( $P < 0.06$ ) en el modelo de regresión logística multivariada (Cuadro 14).

La zona de producción se presentó también como un factor de riesgo con prevalencia real de 46.64% en el valle comparada con 36.26% en los altos. ( $P < 0.06$ ), con factor de 1.564 veces mayor riesgo de presentar *Cryptosporidium* en zona de valle que zona de altos ( $P < 0.0532$ ). Esto probablemente se debe a que la zona de valle es una región en la cual convergen los ríos Culiacán, Tamazula, Humaya y San Lorenzo que provienen de áreas más elevadas y que a su paso se contaminan con microorganismos como *Cryptosporidium*, por lo que en esa zona las aguas podrían tener mayor carga parasitaria, al transitar por comunidades y diversas unidades de producción animal. Daniels *et al.* (2015) demostraron que el principal contribuyente de ooquistes al ambiente fue el ganado; y que representan un riesgo potencial para la contaminación de las aguas superficiales (Budu *et al.*, 2012). Está demostrado que el agua es uno de los principales factores de transmisión del protozooario (Navarro *et al.*, 2011; Daniels *et al.*, 2015), y en la región se ha analizado la concentración de *Cryptosporidium* en niveles superiores a las dosis mínimas infecciosas (resultados sin publicar artículo en prensa), lo que podría explicar los resultados antes mencionados.

La edad del cordero estuvo asociada a la prevalencia de ooquistes de *Cryptosporidium* spp ( $P < 0.0004$ ); con prevalencia de 37.27% en corderos de hasta 30 d de edad, a 55% en corderos de entre 61 a 90 d ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, al incluir en el modelo todos los factores, la edad no resultó como factor de riesgo ( $P = 0.13$ ). La edad de los animales es considerada como un factor predisponente a la cryptosporidiosis en distintas especies animales (Bejan *et al.*, 2009; De Graaf *et al.*, 1999; Essa *et al.*, 2014; Zucatto *et al.*, 2015). Los resultados del presente estudio difieren a los del realizado en la Provincia de Zaragoza, España, en corderos de 1 a 3 meses de edad, donde la infección fue más elevada en los corderos jóvenes con rangos de edad de 1 a 21 días con un 66.4% y 23% en los de 22 a 90 días, y una prevalencia máxima de 76.2% en corderos de 8 a 14 días (Quílez *et al.*, 2003); así como el llevado a cabo en Turquía por Baris *et al.* (2009) quienes observaron *Cryptosporidium* principalmente a la edad de 1 a 3 semanas, mismo que disminuyó conforme aumentó la edad de los corderos, con 44.4% en menores de 7 días, 37.5% de 8 a 14 días, 40% de 15 a 21 días y 22.0% en mayores de 21 días.

**CUADRO 13. FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE *Cryptosporidium* spp EN CORDEROS DE PELO.**

Factor de riesgo	Total	Corderos positivos	Porcentaje	P <sup>1</sup>
<b>Zona de producción</b>				
Altos	91	33	36.26	0.06
Valle	669	312	46.64	
<b>Época del año</b>				
Invierno	380	128	33.68	0.0001
Primavera	380	217	57.11	
<b>Sistema de producción</b>				
Extensivo	216	104	49.07	0.20
Intensivo	544	231	43.93	
<b>Fuente de agua</b>				
Dique	80	32	40.00	0.31
Pozo	680	313	46.03	
<b>Sexo del cordero</b>				
Hembra	434	196	45.16	0.88
Macho	326	149	45.71	
<b>Edad del cordero</b>				
≤ 30 d	271	101	37.27 <sup>c</sup>	0.0004
> 30 y ≤ 60 d	269	123	45.72 <sup>b</sup>	
> 60 y ≤ 90 d	220	121	55.00 <sup>a</sup>	
<b>Presencia de bovinos</b>				
Si	394	171	43.40	0.25
No	366	174	47.54	
<b>Consistencia de las heces</b>				
Normal	504	233	46.23	0.52
Blanda	256	112	43.75	

<sup>1</sup> Valores de probabilidad de la prueba de Ji-cuadrada.

<sup>abc</sup> Literales diferentes en los porcentajes de positivos para edad de los corderos indican diferencia estadística (Prueba Exacta de Fisher; P≤0.05).

**CUADRO 14. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LOGÍSTICA MEDIANTE EL MÉTODO DE SELECCIÓN DE VARIABLES HACIA ATRÁS CON LOS FACTORES DE RIESGO A *Cryptosporidium* spp EN CORDEROS DE PELO.**

Factor de riesgo	Coficiente	Error Estándar	OR	IC 90%	P
Intercepto	-0.3719	0.1190			0.0018
Época del año	0.4848	0.0753	2.64	2.09; 3.38	0.0001
Zona de producción	0.2299	0.1189	1.58	1.07; 2.34	0.0532

OR=Razón de probabilidades; IC=Intervalo de confianza; P= Probabilidad.

En el mismo sentido, Pulido *et al.* (2014) reportaron la edad de bovinos como factor de riesgo (OR=9.42; P<0.037) en la excreción de ooquistes del protozooario en el grupo de bovinos menores a 12 meses con el 90.9%. Sin embargo, el resultado de nuestro estudio con respecto a que la edad no resultó ser un factor de riesgo, y coincide con Castelán-Hernández *et al.* (2011) en una muestra de 72 becerros, quienes observaron una prevalencia de 72.4% en becerros de 3 meses y 74.4% en becerros de 6 a 12 meses, con un comportamiento similar en ambos grupos y el realizado por Castro-del Campo *et al.* (2017) con 1140 corderos con prevalencia de 40.12% en los menores de 30 d y de 41.66% en los mayores de 30 y hasta 90 d sin diferencia significativa. Esto es posible atribuirlo a la participación que tienen los adultos en la propagación y mantenimiento de los ooquistes en el hato, que al ser portadores asintomáticos enmascaran su presencia y permiten la contaminación cíclica, además del período analizado, en especial en primavera la disponibilidad pastos disminuye lo que podría favorecer una inmunosupresión por falta de nutrientes ya que la condición corporal de los animales se ve mermada en estas épocas en la entidad (Joachim *et al.*, 2003; Partida *et al.*, 2013).

Con respecto al sistema de producción, aunque la prevalencia en el sistema extensivo fue mayor que en el sistema intensivo, el análisis no mostró asociación con el resultado positivo (P>0.20). Este resultado es similar a lo reportado por Castro-del

Campo *et al.* (2017). Si bien el manejo de los animales en los sistemas de producción son diferentes, es importante considerar las prácticas de higiene y carga animal, las cuales no correspondían en todos los casos a los estándares establecidos (Cuellar *et al.*, 2011), donde el hacinamiento podría ser una de las causas de no encontrar diferencia entre ambos sistemas, pues los animales en el sistema extensivo aún que pastorean libremente por las tardes se confinan en corrales en la noche. Vargas *et al.* (2014) indican que en el ambiente a mayor densidad animal corresponde mayor contaminación y por consiguiente mayor es la ingestión de ooquistes.

En el 50.51% de las UPO se encontraban en cohabitación bovinos y ovinos; sin embargo, no hubo asociación con la prevalencia de *Cryptosporidium* ( $P>0.22$ ); este resultado es similar al observado en ovinos por Alonso *et al.* (2005).

La consistencia de las heces tampoco fue un factor asociado a la prevalencia de *Cryptosporidium* ( $P>0.52$ ). Estos resultados difieren de los de otros estudios, en donde reportan que la consistencia de heces diarreicas o blandas estuvo asociada a mayor prevalencia de *Cryptosporidium* (Shafiq *et al.*, 2015; Modini *et al.*, 2016; Toledo *et al.*, 2017). En contraste con otras investigaciones, que coinciden con este trabajo, la asociación del microorganismo y heces blandas no se evidenció, esto se debe al curso de cuadros asintomáticos y ausencia de diarreas, ya sea por episodios de diarreas previos a la toma de muestra o recuperación de la infección clínica (Lassen *et al.*, 2009; Sharma y Busang, 2015; Castro-del Campo *et al.*, 2017).

La fuente de agua de suministro a la UPO para que beban los ovinos no se asoció con la prevalencia de *Cryptosporidium* ( $P>0.31$ ). Este resultado difiere a lo informado por Castro-del Campo *et al.* (2017) al obtener 2.3 veces más riesgo de presentar *Cryptosporidium* spp en los corderos abastecidos por agua de dique durante las épocas de verano y otoño. Esta diferencia podría atribuirse a que en el invierno y primavera la precipitación no existe o es mínima, lo cual reduce la posibilidad de contaminación del agua, pues esta arrastra a los cuerpos de agua, por ejemplo abonos orgánicos o excrementos, facilitando la diseminación al agua superficial (Keeley y Faulkner, 2008; Burgos *et al.*, 2017).

#### **4.6. CONCLUSIÓN**

La prevalencia de *Cryptosporidium* spp en corderos de pelo es elevada (45.39%) y se encontró en el 100% de las UPO, con más del 50% de corderos positivos en la sindicatura de Culiacán y los factores de riesgo asociados a *Cryptosporidium* son la época de primavera y la zona de producción del valle.

#### 4.7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGRESTI, A. Categorical Data Analysis. 2a Ed. Wiley Interscience. EUA. 710 pp. 2002.
2. AGUILAR J.R.V.; GONZÁLEZ Z.A.; LÓPEZ, U.T.; PERALES, C.R.; GONZÁLEZ, G.E.; ANGULO, J.C.; GÓMEZ, P.L. Mothers positive to *Cryptosporidium parvum* as a risk factor for the presence of the pathogen in newborn alpacas with diarrhea. **Rev. Inv. Vet. Perú.** 24: 240-47. 2013.
3. ALONSO, M.U.; SALTIJERAL, J.; PESCADOR, N. Producción ovina y niveles de infección de *Cryptosporidium* spp en el Estado de México. **Peq. Rum.** 6: 8-12. 2005.
4. BARIS, S.; MÜKREMIN, Ö. A.; YUNUS, G.; MURAT, K.; GENÇAY, T. T. The prevalence of *Cryptosporidium* species in diarrhoeic lambs in Kars province and potential risk factors. **Trop. Anim. Health Prod.** 41: 819–26. 2009.
5. BASUALDO, J.; PEZZANI, B.; DE LUCA, M.; CÓRDOBA, A.; APEZTEGUÍA, M. Screening of the municipal water system of La Plata, Argentina, for human intestinal parasites. **Int. J. Hyg. Environ. Health.** 203: 177-82. 2000.
6. BEJAN, A.; VIORICA, M.; RADU, C.; SMARO, S.; COZMA, V. Epidemiology of *Cryptosporidium* spp infection in goat kids in the central and the northwest part of Romania. **Sci. Parasitol.** 1: 2-36. 2009.
7. BURGOS, A.L.; ALVARADO, B.M.; PÁEZ, B.P.; HERNÁNDEZ, M.R. Patrones espacio temporales de la condición microbiológica del agua de fuentes comunitarias y amenazas a la salud familiar en cuencas estacionales del bajo balsas (México). **Rev. Int. Contam. Ambient.** 33: 199-213. 2017. <http://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.02.02>
8. CASTELÁN-HERNÁNDEZ O.O.; ROMERO-SALAS D.; GARCÍA-VÁSQUEZ Z; CRUZ-VÁSQUEZ C.; AGUILAR-DOMÍNGUEZ M.; IBARRA-PRIEGO N DEL J.; MUÑOZ-MELGAREJO S. Prevalencia de cryptosporidiosis bovina en tres regiones ecológicas de la zona centro de Veracruz, México. **Trop. and Subtrop. Agroeco.** 13: 461 – 467. 2013.
9. CASTRO, H.J.A.; GONZÁLEZ, L.Y.A.; MEZO, M.M.; ARES, M.E. A study of cryptosporidiosis in a cohort of neonatal calves. **Vet. Parasitol.** 106: 11–17. 2002.
10. CASTRO-DEL CAMPO, N.; CASTRO-DEL CAMPO, N.; ENRÍQUEZ, V. I.; PORTILLO, L. J.J.; GAXIOLA, C.S.M. Prevalencia y factores de riesgo asociados a *Cryptosporidium* spp en corderos de pelo del municipio de Culiacán, Sinaloa, México. **Rev. Científ. FCV-LUZ.** XXVII (4): 211-19. 2017.

11. CASTRO-HERMIDA, J.A.; GONZÁLEZ, W.M.; MEZO, M. Natural infection by *Cryptosporidium parvum* and *Giardia duodenalis* in sheep and goats in Galicia (NW Spain). **Small Rum. Res.** 72: 96-100. 2007.
12. CAUSAPÉ, A. C.; QUÍLEZ, J.; SÁNCHEZ, A. C.; DEL CACHO, E.; LÓPEZ, B. F. Prevalence and analysis of potencial risk factors for *Cryptosporidium parvum* infection in lambs in Zaragoza (northeastern Spain). **Vet. Parasitol.** 104: 287-98. 2002.
13. CIAPAN. Guía para la asistencia técnica del Valle de Culiacán. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias. Culiacán, Sinaloa, México. 92 pp. 2002.
14. CUELLAR, O.J.A.; GARCÍA, L.E.; DE LA CRUZ, C.H.A.; AGUILAR, N.M. Manual Práctico para la cría ovina. Ed. Pecuarias. México. pp 61. 2011.
15. DANIELS, M.E.; SHRIVASTAVA, A.; SMITH, W.A.; SAHU, P.; ODAGIRI, M.; MISRA, P.R.; PANIGRAHI, P.; SUAR, M.; CLASEN, T.; JENKINS, W.M. *Cryptosporidium* and *Giardia* in humans, domestic animals, and village water sources in rural India. **Am. J. Trop. Med. Hyg.** 93: 596–600. 2015. <http://doi.org/doi:10.4269/ajtmh.15-0111>
16. DE GRAAF, D.C.; VANOPDEMBOSCH, E.; ORTEGA-MORA, L.M.; ABBASI, H.; PEETERS, J.F. A review of the importance of cryptosporidiosis in farm animals. **Int. J. Parasitol.** 29: 1269-87. 1999.
17. BUDU, A.E.; SPENCER, J.; GREENWOOD, S.J.; DIXON, B.R.; BARKEMA, H.W.; MCCLURE, J.T. Occurrence of *Cryptosporidium* and *Giardia* on beef farms and water sources within the vicinity of the farms on Prince Edward Island, Canada. **Vet. Parasitol.** 184: 1– 9. 2012.
18. ESSA, S. H.; EL-SAYED, M. G.; MOHAMED, G. A.; ABDELMONEIM, M. M.; FAYSL, K. H.; LUBNA EL-AKABAWY. The incidence of *Cryptosporidium* infection among Friesian and buffalo calves in minufiya governorate. **Benha Vet. Med. J.** 26: 195-204. 2014.
19. FAYER, R. *Cryptosporidium*: a water-borne zoonotic parasite. **Vet. Parasitol.** 126: 37-56. 2004.
20. FAYER, R.; MORGAN, U.; UPTON, S.J. Epidemiology of *Cryptosporidium*: transmission, detection and identification. **Int. J. Parasitol.** 30: 1305-22. 2000.
21. GARCÍA, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarla a las condiciones climáticas de la República Mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 144 pp. 1988.



22. GHAREKHANI, J.; HEIDARI, H.; YOUSSEFI, M. Prevalence of *Cryptosporidium* Infection in sheep in Iran. **Turkiye Parazitol. Derg.** 38: 22-5. 2014.
23. GUILLEN, L.V.M.; VITELA, M.I.V.; MEDINA, E.L.E.; CRUZ, V.C.R. Identificación de *Cryptosporidium parvum* en ovinos de producción extensiva de la región Huasteca alta de Veracruz. 2013. XIV Seminario de Investigación. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, 20-22 de mayo. México. En línea: [https://investigacion.uaa.mx/seminario/Memoria\\_Electronica/14seminario/abstracts.html/06/07/2015](https://investigacion.uaa.mx/seminario/Memoria_Electronica/14seminario/abstracts.html/06/07/2015)
24. JOACHIM, A.; KRULL, T.; SCHWARZKOPF, J.; DAUGSCHIES, A. Prevalence and control of cryptosporidiosis in Germany dairy herd. **Vet. Parasitol.** 112: 277-288. 2003.
25. KEELEY, A.; FAULKNER, B.R. Influence of land use and watershed characteristics on protozoa contamination in a potential drinking water resources reservoir. **Water Res.** 42: 2803-13. 2008. <http://.doi.org/10.1016/j.watres.2008.02.028>
26. LASSEN, B.; VILTROP, A.; RAAPERI, K.; JARVIS, T. *Eimeria* and *Cryptosporidium* in Estonian dairy farms in regard to age, species and diarrhea. **Vet. Parasitol.** 166: 212-219. 2009
27. LENDNER, M.; ETZOLD, M.; DAUGSCHIES, A. Cryptosporidiosis an update. **Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr.** 124: 473-84. 2011.
28. MODINI, L.B.; LERMAN, B.; PIZARRO, A.V.; ZERBATTO, M.G. Factores de riesgo en ganado lechero y estrategias para mitigar la transmisión hídrica de ooquistes de *Cryptosporidium* spp **Interc.** 41: 171-76. 2016.
29. NAVARRO, M.L.; DEL ÁGUILA, C.; BORNAY, F.J. Cryptosporidium: un género en revisión Situación en España. **Enferm. Infecc. Microbiol. Clin.** 29: 135-43. 2011.
30. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SANIDAD ANIMAL (O.I.E). Manual of diagnostic test and vaccines for terrestrial animals. Criptosporidiosis. 2008. En línea: [web.oie.int/norms/mmanual/pdf\\_es\\_2008/2.09.04%20criptosporidiosis.pdf./03/06/2016](http://web.oie.int/norms/mmanual/pdf_es_2008/2.09.04%20criptosporidiosis.pdf./03/06/2016).
31. OZDAL, N.; TANRITANIR, P.; GOZ, Y.; DEGER, S.; KOZAT, S. Parasitic protozoans (*Eimeria*, *Giardia*, and *Cryptosporidium*) in lambs with diarrhoea in the van province (Turkey). **Bull Vet. Inst. Pulawy.** 53: 47-51. 2009.

32. PARTIDA, DE LA P.J.A.; BRAÑA, V.D.; JIMÉNEZ, S.H.; RÍOS, R.F.G.; BUENDÍA, R.G. Producción de carne ovina. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ISBN: 978-607-37-0036-8. 2013.
33. PULIDO, M. M. O.; ANDRADE, B. R. J.; RODRÍGUEZ, V. R. I.; GARCIA, C. D. J. Prevalencia y posibles factores de riesgo en la excreción de ooquistes de *Cryptosporidium* spp en bovinos de Boyacá, Colombia. **Rev. Mex. Cien. Pec.** 5 (3): 357-64. 2014.
34. QUÍLEZ, J.; SÁNCHEZ, A. C.; DEL CACHO, E. Criptosporidiosis de los pequeños rumiantes. **Peq. Rum.** 4 (2): 22-9. 2003.
35. ROMERO, S. D.; COSME, A. E.; CRUZ, R. A.; AGUILAR, D. M.; IBARRA, P. N.; MERINO, C. J. O.; PÉREZ L. A. A.; HERNÁNDEZ, T. J. Prevalence of *Cryptosporidium* in small ruminants from Veracruz, México. **BMC Vet. Res.** 12: 14. 2016.
36. SANZ, C.L.; ILLESCAS, G.P.; SANZ, S.M.R.; GIL, E.F.; RODRÍGUEZ, O.M. Excreción de ooquistes de *Cryptosporidium* en el ganado caprino de la Provincia de Almería. **Anales.** Real Acad. de Cienc. Vet. de Anda Lucía Oriental. 21:1. 2008.
37. SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA. . Población ganadera ovino. 2013. En Línea. <http://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera#/27/05/2016>.
38. SHAFIQ, B. M. A.; MAQBOOL, A.; KHAN, J. U.; LATEEF, M.; IJAZ, M. Prevalence, Water Borne Transmission and Chemotherapy of Cryptosporidiosis in Small Ruminants. **Pakistan J. Zool.** 47 (6): 1715-21. 2015.
39. SHARMA, S. P. A.L.; BUSANG, M. *Cryptosporidium* infection in sheep and goats in Southern Botswana and its public health significance. **Global J. Anim. Sci. Res.** 3(2): 329-36. 2015.
40. SHEIKH, G.N.; WILLAYAT, M.M.; ROY, S.S.; AHSAN, G. Epidemiology of Cryptosporidial Infection in Lambs of Kashmir Valley. **J. Vet. Pub. Hlth.** 7: 41-4. 2009.
41. SHEN, Y.J.; YIN, J. H.; YUAN, Z. Y.; LU, W. Y., XU, Y. X.; XIAO, L.; CAO, J. Ping. the identification of the *Cryptosporidium ubiquitum* in preweaned ovines from aba Tibetan and Qiang Autonomous Prefecture in China. **Biomed. Environ. Sci.** 24: 315-20. 2011.

42. SILVA, F.V.R.; JULIBONI, C.R.I.; FRAZAO, T.E.; SANTIN, M.; RONALD, F.; RODRIGUES, O.F.C. Molecular characterization of *Cryptosporidium* in Brazilian sheep. **Vet. Parasitol.** 175: 360-2. 2011.
43. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. (SAS). Versión 8.1. USA. 2001.
44. TOLEDO, R.D.S.; MARTINS, F.D.C.; FERREIRA, F.P.; DE ALMEIDA, J.C.; OGAWA, L.; DOS SANTOS, H.L.E.P.L.; et al. *Cryptosporidium* spp and *Giardia* spp in feces and water and the associated exposure factors on dairy farms. **PLoS ONE** 12(4):e0175311. 2017.
45. VARGAS, J.F.S.; MARCOLONGO-PEREIRA, C.; ADRIEN, N.M.L.; FISS, L.; MOLARINHO, K.R.; SOARES, M.P. et al. Surto de criptosporidiose em bezerros no sul do Rio Grande do Sul. **Pesq. Vet. Bras.** 34: 749-52. 2014.
46. WANG, R.; LI, G.; CUI, B.; HUANG, J.; CUI, Z.; ZHANG, S. ET AL. Prevalence, molecular characterization and zoonotic potential of *Cryptosporidium* spp in goats in Henan and Chongqing, China. **Exp. Parasitol.** 142: 11–6. 2014. doi:10.1016/j.exppara.2014.04.001.
47. VENUA, R.; LATHA, B.R.; ABDUL-BASITH, S.G.; DHINAKAR, R.; SREEKUMAR, C.; RAMANA, M. Molecular prevalence of *Cryptosporidium* spp in dairy calves in Southern states of India. **Vet. Parasitol.** 188: 19-24. 2012.
48. WELLS, B.; SHAW, H.; HOTCHKISS, E.; GILRAY, J.; AYTON, R.; GREEN, J.; KATZER, F.; WELLS, A.; INNES, E. Prevalence, species identification and genotyping *Cryptosporidium* from livestock and deer in a catchment in the Cairngorms with a history of a contaminated public water supply. **Parasites & Vectors.** 8: 2-13. 2015 <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0684-x>
49. XIAO, L. Molecular epidemiology of cryptosporidiosis: an update. **Experim. Parasitol.** 124: 80-9. 2010.
50. ZUCATTO, A. S.; AQUINO, M. C. C.; INÁCIO, S. V.; FIGUEIREDO, R. N.; PIERUCCI, J. C.; PERRI, S. H. V.; MEIRELES, M. V.; BRESCIANI, K. D. S. Molecular characterisation of *Cryptosporidium* spp in lambs in the South Central region of the State of São Paulo. **Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.** 67: 441-46. 2015.

## CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES

La presente investigación es el primer estudio de prevalencia de *Cryptosporidium* spp en corderos de pelo en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México. Se concluye que la prevalencia general de *Cryptosporidium* spp en corderos durante las cuatro épocas fue 43.48% y se observó en el 100% de las UPO con variación de 25 a 78% con factores de riesgo asociados a época de otoño y primavera, agua de dique y la zona de producción en valle. En el agua se detectó en todas las muestras además, su viabilidad (51.6%) fue demostrada en aguas superficiales de ríos y canales en rangos superiores a la dosis infectiva; por estos hallazgos *Cryptosporidium* debe considerarse como un problema endémico y al presentarse de manera ininterrumpida tanto en UPO y agua es necesario elaborar programas de control de éste protozooario en los animales, además, la necesidad de actualizar la legislación vigente en materia de control y vigilancia de la calidad de las aguas a fin de incluir, entre los criterios sanitarios de calidad obligatorios, a *Cryptosporidium* spp para disminuir riesgos de infección en la población animal y humana.

## CAPÍTULO 6. LITERATURA CITADA

- Abdelsamad, M.Y.A.H. 2014. Epidemiological investigations on the public health significance of *Cryptosporidium* parasites in livestock and people in the Ismailia CanalZone of Egypt. Tesis Doctorado. Universidad de Berlin.
- Adamska A.M., Leonska D., Sawczuk A. M., Maciejewska A. y Skotarczak, B. 2012. Recovery of *Cryptosporidium* from spiked water and stool samples measured by PCR and real time PCR. *Veterinarni Medicina*, 57 (5): 224–32.
- Ahamed, I., Yadav, A., Katoch, R., Godara, R., Saleem T. y Nisar, N. 2015. Prevalence and analysis of associated risk factors for *Cryptosporidium* infection in lambs in Jammu district. *J Parasit Dis.* 39(3):414–17. DOI 10.1007/s12639-013-0353-y
- Alarcón, M., Beltrán, M., Cárdenas, M. y Campos, M. 2005. Recuento y determinación de viabilidad de *Giardia* spp y *Cryptosporidium* spp en aguas potables y residuales en la cuenca alta del río Bogotá. *Biomédica*. 25:353-65.
- Alonso, F.M.U., Ocaña, S.A.D., Díaz, Z.S., Barbabosa, P.A., Vázquez, C.J.C., Valladares, C.B. y Velázquez, O.V. 2016. *Cryptosporidium* spp frequency identified through ZN stain in lambs from Michoacán, México. *Sci Forum* 2. <http://sciforum.net/conference/mol2net-02>
- Alonso, M.U., Saltijeral, J. y Pescador, N. 2005. Producción ovina y niveles de infección de *Cryptosporidium* spp en el Estado de México. *Peq. Rum.* 6 (2): 8-12.
- Appelbee, A., J., Thompson, R., C., A. y Olson, M., E. 2005. *Giardia* and *Cryptosporidium* in mammalian wildlife - current status and future needs. *Trends in Parasitol.* 21(8):370-76.
- Augustin, B.G., Boch, J. y Henkel, G., 1984. Kryptosporidien-Infektionen bei Hund and Katze. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift.* 97:179-81.
- Baris, S., MÜKREMIN, Ö.A., Yunus, G., Murat, K. y Gencay, T. T. 2009. The prevalence of *Cryptosporidium* species in diarrhoeic lambs in Kars province and potential risk factors. *Trop. Anim. Health Prod.* 41:819–26.
- Barker, I.K. y Carbonell P.L. 1974. *Cryptosporidium agni* sp.n. from lambs, and *Cryptosporidium bovis* sp.n. from a calf, with observations on the oocyst. *Z. Parasitenkunde.* 44:289-298. <https://doi.org/10.1007/BF00366112>
- Bejan, A., Viorica, M., Radu, C., Smaro, S. y Cozma, V. 2009. Epidemiology of *Cryptosporidium* spp infection in goat kids in the central and the northwest part of Romania. *Sci Parasitol.* 1: 2-36.

- Budu-Amoako, E., Greenwood, S.J., Dixon, B.R., Barkema, H.W y McClure, J.T. 2012. Occurrence of *Cryptosporidium* and *Giardia* on beef farms and water sources within the vicinity of the farms on Prince Edward Island, Canada. *Veterinary Parasitology*. 184: 1-9.
- Bueno, da S.A., Monteiro L.C.S., do Ó Santos, R., Alves de O.M.R., Cortes C.G.M., Farias, L.A., de Sousa J.S.C. y Rodríguez, dos S.K. 2017. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 9, No. 7:39-45. DOI:10.5539/jas.v9n7p39
- Burgos, A.L., Bautista, M.A., Bistrain, R.P. y Hernández, M.Y. 2017. Patrones espacio temporales de la condición microbiológica del agua de fuentes comunitarias y amenazas a la salud familiar en cuencas estacionales del bajo balsas (México). *Rev. Int. Contam. Ambie.* 33 (2) 199-213, 2017. DOI:10.20937/RICA.2017.33.02.02
- Cacció, S.M. y Widmer, L. 2014. *Cryptosporidium: parasite and disease*. Springer. pp.564.
- Cama, V. A., Bern, C., Roberts, J., Cabrera, L., Sterling, C.R., Ortega, Y., Gilman, R.H. y Xiao, L. 2008. *Cryptosporidium* species and subtypes and clinical manifestations in children, Peru. *Emerg Infect Dis.* 14(10): 1567-74.
- Cano, R.P., Alonso, D.M.A., Figueroa, C.J.A. y Trigo T.J. 2011. Prevalence and incidence of *Cryptosporidium* spp in calves from the central región of Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13: 567–71.
- Carey, C.M., Lee, H. y Trev, J.T. Biology, persistence and detection of *Cryptosporidium parvum* and *Cryptosporidium hominis* oocyst. *Water Res* 2004; 38: 818-62.
- Casemore, D. 1990. Epidemiological aspects of human cryptosporidiosis *Epidemiology and Infection* 104:1-28.
- Castro-del Campo, N., Beltrán, M.M.G., Ibáñez, G.L., Enríquez, V.I., Barraza, T.C.L., Cota, G.S., Rubio, R.M.C., Villalba, R.Y.E. y Gaxiola, C.S.M. 2012<sup>a</sup>. Detección de parásitos gastrointestinales en herbívoros cautivos. IX Congreso Universitario De Ciencias Veterinarias. ISBN: 978-607-507-193-0 Puerto Vallarta, Jalisco. P 65-70.
- Castro-del Campo, N., Félix, A.M.J., Ibáñez, G.L., Enríquez, V.I., Barraza, T.C.L., Rubio, R.M.C., Castro A.A., Villalba, R.Y.E. y Gaxiola, C.S.M. 2013. Análisis preliminar de *Cryptosporidium parvum* en Felinos de zoológicos de Culiacán, Sinaloa. X Congreso Universitario De Ciencias Veterinarias. ISBN: 978 607 507 383 5. 03 al 05 de octubre. p 119-23.

- Castro-del Campo, N, Molina, M.J., Enríquez, V. I., Barraza, T.C.L., Solís C.J.D., Cota G.S. y Gaxiola, C.S.M. 2012<sup>b</sup>. *Cryptosporidium parvum* en primates del zoológico de Culiacán, Sinaloa. VII Congreso Internacional de Parasitología Animal y X Congreso Nacional de Parasitología Veterinaria. 10-12 de octubre, Querétaro, Qro. México. P 831-6.
- Castro-Hermida, J.A., García, P.I., Almeida, A., González, W.M., Correia, da C. J.M. y Mezo, M. 2009. Detection of *Cryptosporidium spp* and *Giardia duodenalis* in surface water: A health risk for humans and animals. *Water Research*. 43: 4133-4142.
- Castro-Hermida, J.A., García, P.I., González, W.M. y Mezo, M. 2010. *Cryptosporidium* and *Giardia* detection in water bodies of Galicia, Spain. *Water Research*, 44: 5887-96.
- Castro-Hermida, J.A.; García-Prebedo, I.; Almeida, A.; González-Warleta, M.; Correia da Costa, J.M. y Mezo, M. 2011. *Cryptosporidium spp* and *Giardia duodenalis* in two areas of Galicia (NW Spain). *Science of the Total Environment*, 409:245-59.
- Castro-Hermida, J.A., González, L.Y.A. y Ares, M.E. 2002. Prevalence of and risk factors involved in the spread of neonatal bovine cryptosporidiosis in Galicia (NW Spain). *Vet Parasitol*. 106 1–10.
- Castro-Hermida, J.A., González, W.M. y Mezo, M. 2007. Natural infection by *Cryptosporidium parvum* and *Giardia duodenalis* in sheep and goats in Galicia (NW Spain). *Small Rumin Res*. 72:96-100.
- CDC.1982. Human cryptosporidiosis-Alabama. *MMWR Morbidity Mortality Weekly Rep*.31(19):252-254.
- Chaidez, C., Soto, M., Gortares, P. y Mena, K. 2005. Occurrence of *Cryptosporidium* and *Giardia* in irrigation water and its impact on the fresh produce industry. *Int J Environ Health Res*.15: 339 – 45. <https://doi.org/10.1080/09603120500289010>
- Chávez, C. A, C. Rodríguez, R. Ruiz, R. García y M. Serrano. 2006. La importancia de la verificación de coliformes en el agua, para consumo humano y en las aguas de deshecho. Facultad de Ingeniería Civil DES Ingenierías, Arquitectura, UMSNH. [http://www.des\\_ia.umich.mx/~des\\_ia/fades06/C15.pdf](http://www.des_ia.umich.mx/~des_ia/fades06/C15.pdf) (Consulta: 01/12 11/ 2014).
- Chen, X.M. y LaRusso, N.F. 2000. Mechanisms of attachment and internalization of *Cryptosporidium parvum* to biliary and intestinal epithelial cells. *Gastroenterology*. 118:368-79.

- Chen, X.M.; Levine, S.A.; Tietz, P.; Krueger, E; McNiven, M.A.; Jefferson, D.M.; Mahle, M.; LaRusso, N.F. 1998. *Cryptosporidium parvum* is cytopathic for cultured human biliary epithelia via an apoptotic mechanism. *Hepatology*.28:906-13.
- Chen, X.M., O'Hara, S.P., Huang, B.Q., Splinter, P.L., Nelson, J.B. y La Russo, N. 2005. Localized glucose and water influx facilitates *Cryptosporidium parvum* cellular invasion by means of modulation of host cell membrane protrusion. *Proc Natl Acad Sci*. 102:6338-43.
- Choudhry, N., Bajaj-Elliott, M. y McDonald V. 2008. The terminal sialic acid of glycoconjugates on the surface of intestinal epithelial cells activates excystation of *Cryptosporidium parvum*. *Infect Immun*. 76:3735-41.
- Consejo para el Desarrollo Económico de Sinaloa (CODESIN). 2016. Sinaloa en números, volumen y valor de la producción pecuaria en Sinaloa, 2016. <http://sinaloaennumeros.com/reporte-de-volumen-y-valor-de-produccion-pecuaria-en-sinaloa-2016/> [consultada 22.03.18].
- Comisión Nacional Del Agua (CONAGUA). 2014. Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía 2014. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99849/PMPMS\\_Culiac\\_n\\_Sin.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99849/PMPMS_Culiac_n_Sin.pdf)
- Comisión Nacional del Agua. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/12110>
- Cordero, del C.M., Rojo, V.F.A., Martínez, F.A.R., Sánchez, A.M.C., Hernández, R.S., Navarrete, L.I., Díez, B.P., Quiroz, R.H. y Carv, A.V. 2002. *Parasitología Veterinaria*. Tercera edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana de España. pp. 968.
- Cotruvo, J. A., Dufour, A., Rees, G., Bartram, J., Carr, R., Cliver, D. O., Craun, G. F., Fayer, R. y Gannon, V. P. J. 2004. *Waterborne zoonoses: identification, causes and control*. Published on behalf of WHO by IWA Publishing Alliance House. UK.
- Coutiño, R.E.M.R. 2008. Agua, como un riesgo para la salud. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*. Vol 8. Núm. 1. Enero – Junio.
- Curriero, F.C., Patz, J.A., Rose, J.B. y Subhash, L., 2001. The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *American Journal of Public Health*, 91: 1194-1199.
- Daniels, M.E., Shrivastava, A., Smith W.A., Sahu, P., Odagiri, M., Misra, P.R., Panigrahi, P., Suar, M., Clasen, T. y Jenkins, W.M. 2015. *Cryptosporidium* and *Giardia* in Humans, Domestic Animals, and Village Water Sources in Rural India. *Am J Trop Med Hyg*. 93:596–600. <http://doi.org/doi:10.4269/ajtmh.15-0111>



- De Graaf, D.C., Vanopdenbosch, E., Ortega-Mora, L.M., Abbassi, H. y Peeters, J.E. 1999. A review of the importance of cryptosporidiosis in farm animals. *Int. J. Parasitol.* 29(8):1269-1287.
- De la Ossa, M.N., Falconar, A., Llinás, S.H.J. y Romero, V.C.M. 2007. Manifestaciones clínicas y factores de riesgo asociados a la infección por *Cryptosporidium* en pacientes de Barranquilla y tres municipios del Atlántico (Colombia). *Salud Uninorte.* 23 (1): 19-31.
- Del Coco, V.F.; Córdoba, M.A. y Basualdo, J.A. 2009. Criptosporidiosis: una zoonosis emergente. *Rev Argent Microbiol.* 41: 185-196.
- Díaz, M., Aguilar, J., Gómez, C., Torres, F. y Mata, V. 1999. Relación entre la incidencia de *Cryptosporidium parvum* en agua y niños con diarrea. *Memorias de la VI Reunión sobre investigación en salud del estado de Sonora.* pp. 131-133.
- Díaz, de R.A., Jiménez, G.J.M., Materano, O.P.A., Ramírez, I.L.N. 2012. Dinámica de la infección por *Cryptosporidium* spp y *Giardia* spp en búfalos (*Bubalus bubalis*) durante los primeros tres meses de vida. *Rev. Científ. FCV-LUZ.* XXII (6):507–15.
- Díaz, de R.A., Ramírez, I.L.N., Godoy, de P.R.M. y Román, R. 2002. Excreción de ooquistes de *Cryptosporidium* spp durante el postparto, en vacas mestizas de doble propósito. *Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2, Octubre,* 614-16.
- Díaz M.E., Leyva M.E.E., Mata H.V. y González R.H. 2003. Incidencia y viabilidad de *Cryptosporidium parvum* en el agua potable de Ciudad Obregón, Sonora México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 19 (2) 67-72.
- El-Badry, A.A., Al-Antably, A. S. A., Hassan, M. A., Hanafy, N. A. y Abu-Sarea, E. Y. 2015. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 34:2447–53. DOI 10.1007/s10096-015-2502-y
- Elliott, D.A.; Coleman, D.J.; Lane, M.A.; May, R.C.; Machesky, L.M.; Clark, D.P. 2001. *Cryptosporidium parvum* infection requires host cell actin polymerization. *Infect Immun.* 69:5940-2.
- Essa, S.H., Galila, E.S.M., Abdelwahab, M.G., Moustafa, A.M., Hamouda, F.K. y El-Akabawy, L. 2014. The incidence of *Cryptosporidium* infection among friesian and buffalo calves in Minufiya Governorate. *BVMJ-26:*195-204.
- Farizawati, S., Lim, A.Y.L., Ahmad, R.A., Fatimah, C.T.N.I. y Siti-Nor, Y., 2005. Contribution of cattle farms towards river contamination with *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts in Sungai Langkat Basin. *Tropical Biomedicine,* **22:** 89-98.

- Fayer, R. 2004. *Cryptosporidium*: a water-borne zoonotic parasite. *Vet Parasitol.* 126: 37-56.
- Fayer, R., Morgan, U. y Upton S.J. 2000. Epidemiology of *Cryptosporidium*: transmission, detection and identification. *Int J Parasitol.* 30: 1305-22.
- Fayer, R., Santin, M. y Xiao, L. 2005. *Cryptosporidium bovis* sp. (Apicomplexa: Cryptosporidiidae) in cattle (*Bostaurus*). *J. Parasitol* 91:624-629.
- Fayer, R., Santin, M., Macarisin, D., 2012. Detection of concurrent infection of dairy cattle with *Blastocystis*, *Cryptosporidium*, *Giardia*, and *Enterocytozoon* by molecular and microscopic methods. *Parasitol. Res.* 111:1349–1355.
- Fayer, R. y Xiao, L. 2008. *Cryptosporidium* and Cryptosporidiosis. 2nd ed. USA: CRC Press. 560pp.
- Fredes, M.F.G. 2015. Detección y caracterización de *Cryptosporidium* spp mediante métodos tradicionales y PCR en diferentes matrices (heces y aguas). Tesis de Doctorado en Biociencias y Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Córdoba. Córdoba, España, noviembre.
- García, P.I. 2012. Contribución de los animales domésticos y silvestres a la contaminación de aguas superficiales por *Cryptosporidium* y *Giardia*. Tesis Doctorado Universidad de Santiago de Compostela, España.
- Geurden, T., Thomas, P., Casaert, S., Vercruyssen, J. y Claerebout, E. 2008. Prevalence and molecular characterisation of *Cryptosporidium* and *Giardia* in lambs and goat kids in Belgium. *Vet. Parasitol.* 155: 142–45.
- Gharekhani, J., Heidari, H. y Youssefi, M. 2014. Prevalence of *Cryptosporidium* Infection in sheep in Iran. *Turkiye Parazitolojisi Derg.* 38: 22-5.
- Ghazy, A.A., Shafy, S.A. y Shaapan, R.M. 2015. Cryptosporidiosis in animals and man: 1. Taxonomic classification, life cycle, epidemiology and zoonotic importance. *Asian Journal of Epidemiology* 8 (3): 48-63. DOI: 10.3923/aje.2015.48.63
- Godoy, P., Borrull, C., Palác, M., Caubet, L., Bach, P., Nuín, C., Espinet, L., Torres, J. y Mirada, G. 2003. Brote de gastroenteritis por agua potable de suministro público. *Gac Sanit.* 17(3):204-209.
- Gómez, C.E., Torres, F.R. y Díaz, M.E. 1996. Utilización de anticuerpos monoclonales en la detección de quistes de *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* en heces diarreicas de niños de 0 a 5 años en Hermosillo, Sonora. *Boletín CIAD* 76.
- Gómez, S.J.N. y Aguirre, G.M.M. 2017. Criptosporidiosis. *Ciencia*. Vol. 68 número 1, enero-marzo.  
[http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68\\_1/PDF/cryptosporidiosis.pdf](http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_1/PDF/cryptosporidiosis.pdf)

- Gracenea, M., Gómez, M.S., Ramírez, C.M. 2011. Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in water from irrigation channels in Catalonia (NE Spain). Rev. Ibero-Latinoam. Parasitol. 70:172-177. [www.parasitaria.org/journal/download/pdf/id/95](http://www.parasitaria.org/journal/download/pdf/id/95)
- Green, R.E.; Amarante, A.F.T.; Mascarini, L.M. 2004. The seasonal distribution of *Cryptosporidium* oocysts in sheep raised in the state of Sao Paulo. Rev. Bras. Parasitol. Vet. 13: 125-7.
- Guerrant, R.L. 1997. Cryptosporidiosis: an emerging, highly infectious threat. Emerg Infect Dis. 3:51-7.
- Guillén, L. V.M., Vitela, M.I.V., Medina, E.L.E. y Cruz V.C.R. 2013. Identificación de *Cryptosporidium parvum*, en ovinos de producción extensiva de la región Huasteca alta de Veracruz. 14 Seminario de Investigación, Universidad Autónoma de Aguas Calientes. 20-22 de mayo. En línea: [https://investigacion.uaa.mx/seminario/Memoria\\_Electronica/14seminario/abstracts.html/15/03/2018](https://investigacion.uaa.mx/seminario/Memoria_Electronica/14seminario/abstracts.html/15/03/2018).
- Gutiérrez, Y. 2009. Diagnostic Pathology of Parasitic Infections with Clinical Correlations. New York: Oxford University Press 869.
- Hancock, D.; Besser, T.; Lejeune, J.; Davis, M. y Rice, D., 2001. The control of VTEC in the animal reservoir. International Journal of Food Microbiology, 66: 71-78.
- Harper, C.M.; Cowell, N.A.; Adams, B.C.; Langley, A.J. y Wholsen, T.D., 2002. Outbreak of *Cryptosporidium* linked to drinking unpasteurised milk. *Communicable Diseases Intelligence*, 26:449-450.
- Hernández, G.N. y Cortés, V.J.A. 2012. Prevalencia y factores de riesgo de *Cryptosporidium* spp y *Giardia* spp en terneros de ganado lechero de la zona noroccidental de la Sabana de Bogotá. Rev. Salud pública. 14(1):169-18.
- Hijjawi, N.S., Meloni, B.P., Ryan, U.M., Olson, M.E. y Thompson, R.C. 2002. Successful in vitro cultivation of *Cryptosporidium andersoni*: evidence for the existence of novel extracellular stages in the life cycle and implications for the classification of *Cryptosporidium*. Int J Parasitol. 32: 1719-26.
- Hunter, P.R., Hadfield, S.J., Wilkinson D., Lake, I.R., Harrison F.C. y Chalmers, R.M. 2007. Subtypes of *Cryptosporidium parvum* in humans and disease risk. Emerg Infect Dis. 13:82-88.
- Hunter, P.R., Hughes, S., Woodhouse, S., Syed, Q., Verlander, N.Q., Chalmers, R.M., Morgan, K., Nichols, G., Beeching, N. y Osborn, K. 2004. Sporadic cryptosporidiosis case-control study with genotyping. Emerg Infect Dis 10:1241-1249.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/sin/territorio/agua.aspx?tema=me&e=25>
- Iglesias, R.C., Villarino, M.A.L., Martínez, J.A., Cabrerizo, L., Gargallo, M., Lorenzo, H., Quiles, J., Planas, M., Polanco, I., Romero de Ávila, D., Russolillo, O.J., Farré, R., Moreno V. J. M, Riobó, P. y Salas, S.J. 2011. Importancia del agua en la hidratación de la población española: documento FESNAD 2010. *Nutr Hosp.* 26(1):27-36. DOI:10.3305/nh.2011.26.1.5167
- Isan, A. 2017. Distribución del agua en el mundo. *Agua.org.mx*. [https://agua.org.mx/distribucion-del-agua-en-mundo/Distribución del agua en el mundo](https://agua.org.mx/distribucion-del-agua-en-mundo/Distribucion%20del%20agua%20en%20el%20mundo). Consultada 8/03/2018.
- Iseki, M. 1979. *Cryptosporidium felis* sp. n. (Protozoa: Eimeriorina) from the domestic cat. *Japanese Journal of Parasitology*. vol. 28, pp. 285-307.
- Jenkins M.B., Eaglesham, B.S., Anthony, L.C., Kachlany, S.C., Bowman, D.D. y Ghiorse, W.C. 2010. Significance of wall structure, macromolecular composition, and surface polymers to the survival and transport of *Cryptosporidium parvum* oocysts. *Appl Environ Microbiol* 76(6): 1926–1934.
- Karanis, P. y Aldeyarbi, H. M. 2011. Evolution of *Cryptosporidium* in vitro culture. *Int J Parasitol.* 41 (12): 1231-1242.
- Kaupke, A., Michalski, M.M., Rzeżutka A. 2017. Diversity of *Cryptosporidium* species occurring in sheep and goat breeds reared in Poland. *Parasitol Res.* 116:871–87. DOI 10.1007/s00436-016-5360-3
- Keeley, A. y Faulkner, B.R. 2008. Influence of land use and watershed characteristics on protozoa contamination in a potential drinking water resources reservoir. *Water Resear*, 42:2803-2813.
- Khezri, M. y Khezri, O. 2013. The prevalence of *Cryptosporidium spp* in lambs and goat kids in Kurdistan, Iran. **Vet. World.** 6(12): 974-77.
- Kistemann, T., Claßen, T., Koch, C., Dangendorf, F., Fischeder, R., Gebel, J., Vacata, V. y Exner, M., 2002. Microbial load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff. *Applied and Environmental Microbiology*, **68**: 2188-2197.
- Koinari, M., Lymbery, A.J. y Ryan, U.M. 2014. *Cryptosporidium* species in sheep and goats from Papua New Guinea. *Experimental Parasitology* 141. 134–137.

- Kolören, Z., Delioğlu, B.K. y Tas, B. 2017. Detection of *Cryptosporidium* oocysts by loop mediated isothermal amplification (lamp) in surface water from river yeşilirmak and stream tersakan (samsun-amasya). *Anadolu Univ. J. of Sci. and Technology C– Life. Sci. and Biotech.* 6:31-7  
<http://doi.org/10.18036/aubtdc.269434>
- Lapen, P.D.R., Schmidt, P.J.L., Thomas, J.L., Edge, T., Flemming, C., Keithlin, J., Neumann, N., Pollari, F., Ruecker, N., Simhon, A., Topp, E., Wilkes, G. y Pintar, K.D.M. 2016. Towards a more accurate quantitative assessment of seasonal *Cryptosporidium* infection risks in surface waters using species and genotype information. *Wáter res.* 105:625-37.
- Levine, J.F., Levy, M.G., Walker, R.L. y Crittenden, S. 1988. Cryptosporidiosis in veterinary students. *J Am Vet Med Assoc.* 193: 1413-4.
- Li, P., Cai, J., Cai, M., Wu, W., Li, C., Lei, M., Xu, H., Feng, L., Ma, J., Feng, Y. y Xiao, L. 2016. Distribution of *Cryptosporidium* species in Tibetan sheep and yaks in Qinghai, China. *Veterinary Parasitology.* 215:58–62 59.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.11.009>
- Lindsay, D.S., Upton, S.J., Owens, D.S., Morgan, U.M., Mead, J.R. y Blagburn, B.L. 2000. *Cryptosporidium andersoni*. sp. (Apicomplexa: Cryptosporiidae) from cattle, *Bostaurus*. *Journal of Eukaryotic Microbiology.* vol. 47, no. 1, pp. 91-95.
- Luna, S., Reyes, L., Chinchilla, M. y Catarinella, G. 2002. Presencia de ooquistes de *Cryptosporidium* spp en aguas superficiales de Costa Rica. *Parasitol Latinoam.* 57(1-2): 63-5.
- Mac Kenzie, W.R, Hoxie N.J., Proctor M.E., Gradus M.S., Blair K.A. y Peterson D.E., 1994. A massive outbreak in Milwaukee of cryptosporidium infection transmitted through the public water supply. *N Engl J Med.* 331:161–7.
- Macedo, R. y Castellanos, Y. 2004. Rentabilidad de un sistema intensivo de producción ovino en el trópico. *Avances en Investigación Agropecuaria* 3(1):1-9.
- Madore, M.S., Rose, J.B., Gerba, C.H., Arrowood, M.J. y Sterling C.H. 1987. Ocurrance of *Cryptosporidium* in sewage effluents and selected surface waters. *J Parasitol.* 73:702-5.
- Mahfouz, M.E., Mira, N. y Amer, S. 2014. Prevalence and genotyping of *Cryptosporidium* spp in farm animals in Egypt. *J. Vet. Med. Sci.* 76(12):1569–75. DOI: 10.1292/jvms.14-027
- Mallinath, R.H.K., Chikkachowdappa, P.G., Gowda, A.K.J. y D'Souza, P.E. 2009. Studies on the prevalence of cryptosporidiosis in bovines in organized dairy farms in and around Bangalore, South India. *Vet Arhiv.* 79(5):461-470.

- Martínez, G.J.C., Castillo, R.S.P., Villalobos, C.A., Hernández, M.J. 2017. Sistemas de producción con rumiantes en México. *Ciencia Agropecuaria*. 26:132-52.
- Mawdsley, J.L., Brooks, A.E. y Merry, R.J., 1996. Movement of the protozoan pathogen *Cryptosporidium parvum* through three contrasting soil types. *Biology and Fertility of Soils*, 21: 30-36.
- McDonald, V., Smith, R., Robinson, H. y Bancroft, G. 2000. Host immune responses against *Cryptosporidium*. *Contrib Microbiol*. 6:75-91.
- Menocal, H.L.T. y Caraballo, S.Y.I. 2014. Importancia de la vigilancia sanitaria de los parásitos en la calidad del agua, según su uso. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 52(2):196-209.
- Mercado, R., Buck, G., Manque, P.A y Ozaki, L.S. 2007. *Cryptosporidium hominis* infection of the human respiratory tract. *Emerg Infect Dis*.13(3): 462-4.
- Muñoz, M., M. Alvarez, I. Lanza y P. Carmenes. 1996. Role of enteric pathogens in the aetiology of neonatal diarrhoea in lambs and goat kids in Spain. *Epidemiol. Infect.* 117(1):203-211.
- Navarro, M.L., del Águila C y Bornay, F.J. 2011. *Cryptosporidium*: un género en revisión Situación en España. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 29:135–43.
- Neira, P. 2005. Acerca de *Cryptosporidium* spp en Chile. *Rev Med Chil*. 133:847-49.
- Neira, O.P., Muñoz, S.N. y Rosales, L.M.S. 2010. Infección por *Cryptosporidium parvum* en una mujer embarazada, inmunocompetente, con riesgo ocupacional. *Rev Chil Infect*. 27 (4): 345-349.
- Nguyen, S., Divino, C.M., Weber, K., Morotti, RA. 2005. Cryptosporidiosis presenting as acute appendicitis: a case report. *K Buch. Am Surg*. 71:537-8.
- Nime, F.A., Burek, J.D., Page, D.N., Holcher, M.A. y Yardley J.H. 1976 Acute enterocolitis in human going infected with the protozoan *Cryptosporidium*. *Gastroenterology*. 70: 592-98.
- O'Hara, S. P. y Chen, X. M. 2011. The cell biology of *Cryptosporidium* infection. *Microbes Infect*. 2011; 13 (8-9): 721-730.
- Olivas, E.E., Flores, M.J.P., Di Giovanni, G.D., Corral, D.B. y Osuna, A.P. 2013. Contaminación fecal en agua potable del Valle de Juárez. *Terra Latinoamericana*, vol. 31, núm. 2, 2013, pp. 135-143.
- Olson, M.E., O'Handley, R.M., Raltson, B.J., McAllister, T.A y Thompson, R.C.A. 2004. Update on *Cryptosporidium* and *Giardia* infections in cattle. *Trends in Parasitology* 20:185-191.

- Organización Mundial de la Salud. Agua, [http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/;](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/) 2017 [consultada 10.03.18].
- Palacios, T.E., Urdiales, S.A. y Criollo, L.C. 2017. Zonificación y estacionalidad de la prevalencia de *Cryptosporidium* spp, casos cantón San Fernando y parroquia El Valle, Azuay, Ecuador. MASKANA, Producción Animal. 1: 17-9.
- Pancier, R.J., Thomassen, R.W. y Garner, F.M. 1971. Cryptosporidial Infection in Calf. Vet Pathol. 8:479–84.
- Partida, de la P.J.A., Braña, V.D., Jiménez, S.H., Ríos, Rincón.F.G. y Buendía, R.G. 2013. Producción de carne ovina. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ISBN: 978-607-37-0036-8.
- Peng, M.M., Xiao, L., Freeman, A.R., Arrowood, M.J., Escalante, A.A., Weltman, A.C., Ong, C.S., Mac Kenzie, W.R., Lal, A.A. y Beard, C.B., 1997. Genetic polymorphism among *Cryptosporidium parvum* isolates: evidence of two distinct human transmission cycles. Emerging Infectious Diseases. 3: 567-573.
- Petry, F. 2000. Laboratory diagnosis of *Cryptosporidium parvum* infection. Contrib Microbiol. 633-49.
- Quílez, J., Sánchez, A.C. y del Cacho, E. 2003. Criptosporidiosis de los pequeños rumiantes. Peq. Rum. vol 4, nº 2.
- Ríos, T.S., Agudelo, C.R.R. y Gutiérrez, B.L.A. 2017. Pathogens and microbiological indicators of the quality of water for human consumption. Rev. Fac. Nac. Salud Pública Vol. 35, Núm. 2 mayo-agosto.
- Robertson, B., Sinclair, M.I., Forbes, A.B., Veitch, M., Kirk, M., Cunliffe, D., Willis, J. y Fairley, C.K. 2002. Case–control studies of sporadic cryptosporidiosis in Melbourne and Adelaide, Australia. Epidemiol Infect. 128 (3):419–31.
- Robertson, L.J. 2014. *Cryptosporidium* as a Foodborne Pathogen Springer New York Heidelberg Dordrecht London DOI 10.1007/978-1-4614-9378-5
- Robinson, G., Chalmers, R.M., Stapleton, C., Palmer, S.R., Watkins, J., Francis, C. y Kay, D., 2011. A whole water catchment approach to investigating the origin and distribution of *Cryptosporidium* species. Journal of Applied Microbiology, 111: 717-730.
- Romero, S.D., Cosme, A.E., Cruz, R.A., Aguilar, D.M., Ibarra, P.N., Merino, C.J.O., Pérez L.A.A. y Hernández, T.J. 2016. Prevalence of *Cryptosporidium* in small ruminants from Veracruz, México. BMC Vet Res. 12:14.

- Ryan, U., Fayer, R. y Xiao, L. 2014. Review Article. *Cryptosporidium* species in humans and animals: current understanding and research needs. *Parasitology*. 141, 1667–1685. doi:10.1017/S0031182014001085
- Ryan, U. y Hijjawi, N. 2015. New developments in *Cryptosporidium* research. *International Journal for Parasitology*. 45,367–373.
- Ryan, U.M. y Xiao, L., 2014. Taxonomy and molecular taxonomy. In: Cacciò, S.M., Widmer, G. (Eds.), *Cryptosporidium: Parasite and Disease*. Springer, New York, USA, pp. 1–22.
- Ryan, U., Paparini, A., Tong, K., Yang, R., Gibson-Keuh, S., O'Hara, A., LyMBERY, A., y Xiao, L. 2015. *Cryptosporidium huwi* n. sp. (Apicomplexa: Eimeriidae) from the guppy (*Poecilia reticulata*). *Exp. Parasitol.* 150C, 31–35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.exppara.2015.01.009>.
- Sánchez, A.C., Quílez C.J., del Cacho M.E., Gallego V.M., López B.F. y Estrada, P.A. 2009. Diarreas neonatales de los pequeños rumiantes: Criptosporidiosis. *Sitio argentino de producción animal*. No. 1:23-29.
- Sánchez, V.J.T., Tay, Z., Guerrero, L.R., Romero, C.R., Ruíz, S.D. y Rivas, G.C. 2000. Frecuencia de parasitosis intestinales en asentamientos humanos irregulares. *Rev Fac Med UNAM* 43 (3):80-3.
- Santín, M., Trout, J., M., Vecino, J., A., Dubey, J., P. y Fayer, R. 2006. *Cryptosporidium*, *Giardia* and *Enterocytozoon bieneusi* in cats from Bogota (Colombia) and genotyping of isolates. *Vet. Parasitol.* 141 (3-4): 334-339.
- Shafiq, B.M.A., Maqbool, A., Khan, J.U., Lateef, M. y Ljaz, M. 2015. Prevalence, water borne transmission and chemotherapy of cryptosporidiosis in small ruminants. *Pakistan J Zool.* 47(6):1715-21.
- Schets, F.M., Van W.J.H., Schijven, J.F., Schoon, H. y Roda, H.A.M. 2008. Monitoring of Waterborne Pathogens in Surface Waters in Amsterdam, The Netherlands, and the potential health risk associated with exposure to *Cryptosporidium* and *Giardia* in these waters. *Appl Environ Microbiol.* Vol. 74, No. 7. p. 2069–78.
- Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera (SIAP). 2017. [http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario\\_siapx\\_gobmx/indexmpio.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario_siapx_gobmx/indexmpio.jsp)
- Scott, R., May, E., Matsushita, E. y Warren, A. 2001. Protozoan predation as a mechanism for the removal of cryptosporidium oocysts from wastewaters in constructed wetlands. *Water Sci. Technol.* 44(11-12):191-8.

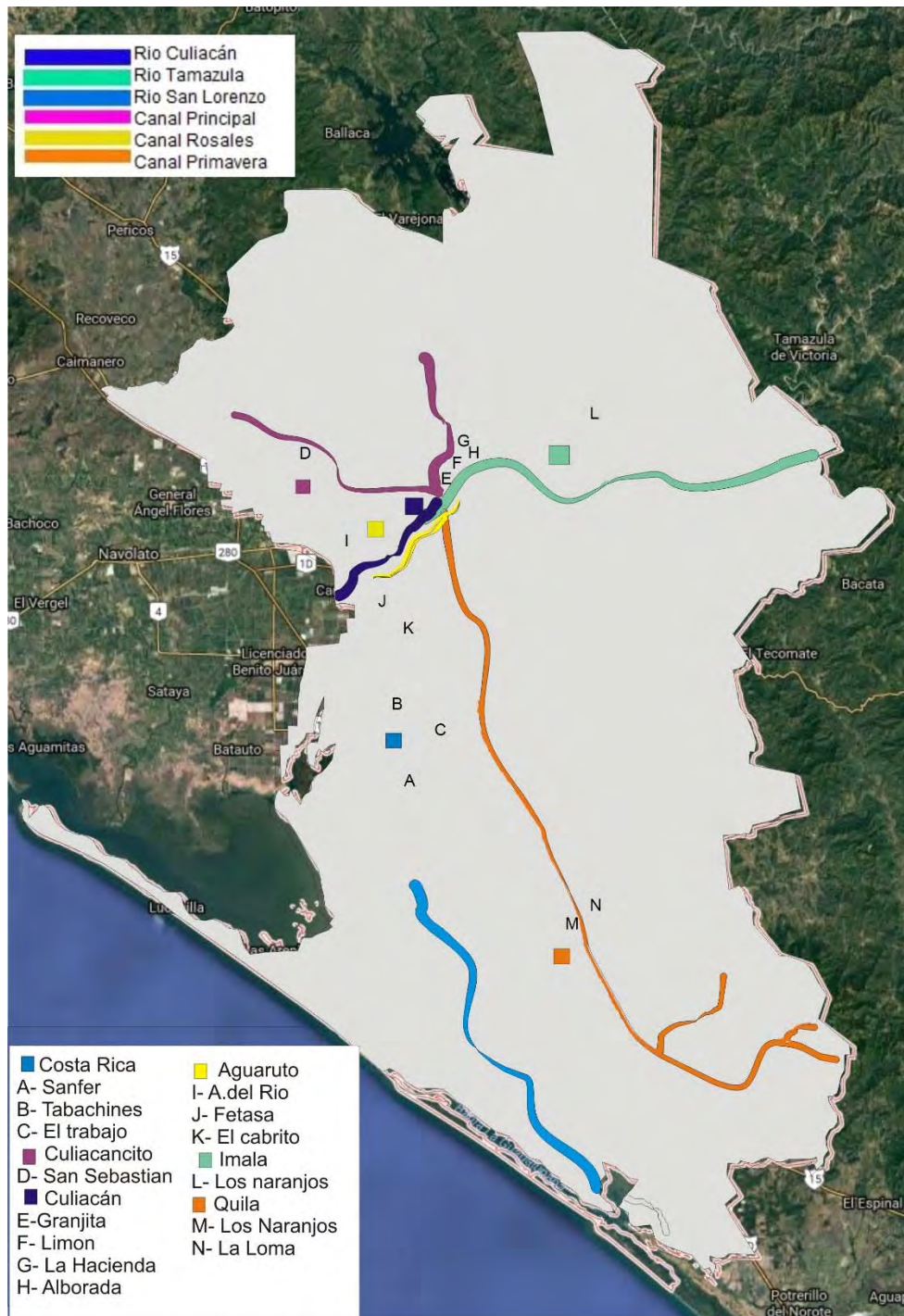


- Serrano, A.M., Olivas, E.E., Flores, M.P. e Iglesias J. 2008. Detección de Giardia y Cryptosporidium en aguas de descargas al río Bravo. 1er Congreso Internacional de Investigación. ISBN: 978-1-4276-3507-5. Cd. Juárez, Chih. México.
- Sharma, S.P.A.L. y Busang, M. 2013. Prevalence of some gastrointestinal parasites of ruminants in southern Botswana. *Bots. J. Agric. Appl. Sci.* 9 (2): 97-103.
- Sharma, S.P.A.L. y Busang, M. 2015. *Cryptosporidium* infection in sheep and goats in southern Botswana and its public health significance. *Global Journal of Animal Scientific Research.* 3(2): 329-36.
- Siddiki, A.M.A.M.Z. y Masduzzaman M. 2009. *Cryptosporidium* an cryptosporidiosis: a brief review. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine.* 12, No 2, 91-111.
- Silva, F.V.R., Juliboni, C.R.I., Frazao, T.E., Santin, M., Fayer, R. y Rodrigues, O.F.C. 2011. Molecular characterization of *Cryptosporidium* in Brazilian sheep. *Vet Parasitol.* 175:360-2.
- Sischo, W.M., Atwill, E.R., Lanyon, L.E. y 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: 253-267.
- Slavin D. 1955. *Cryptosporidium meleagridis* (sp. nov.). *J Comp Pathol.*; 65:262-6  
Tyzzer, E. 1907. A Sporozoan found in the peptide glands of the common mouse *Proc. Soc. Exp. Biol. Med* 5:12-13.
- Smith, H.V., Nichols, R.A.B. y Grimason, A.M. 2005. *Cryptosporidium* excystation and invasion: getting the guts of the matter. *Trend parasitol.* 21:133-42.
- Smith, H.V., Cacció, S.M., Cook, N., Nichols, R.A. y Tait, A. 2007. *Cryptosporidium* and *Giardia* as foodborne zoonoses. *Vet Parasitol.* 149: 29-40.
- Tarver, A.P., Clark, D.P., Diamond, G. 2002. Enteric beta-defensin: molecular cloning and characterization of a gene with inducible intestinal epithe. *Massachusetts Medical Society.* [www.nejm.org](http://www.nejm.org) at botsford general hospital lib
- Thompson, R.C.A., Olson, M.E., Zhu, G., Enomoto, S., Abrahamsen, M.S. y Hijjawi, N.S., 2005. *Cryptosporidium* and cryptosporidiosis. *Advances in Parasitology,* 59:77-158.
- Toledo, R.dS., Martins, F.D.C., Ferreira, .FP., de Almeida, J.C., Ogawa, L., dos Santos, H.L.E.P.L., Moreira, dos S.M., Aguera, P.F., Navarro, I.T., Garcia, J.L. y Lemos, F.R. 2017. *Cryptosporidium* spp and *Giardia* spp in feces and water and the associated exposure factors on dairy farms *PLoS ONE* 12(4): e0175311. <https://doi.org/10.1371/journal>

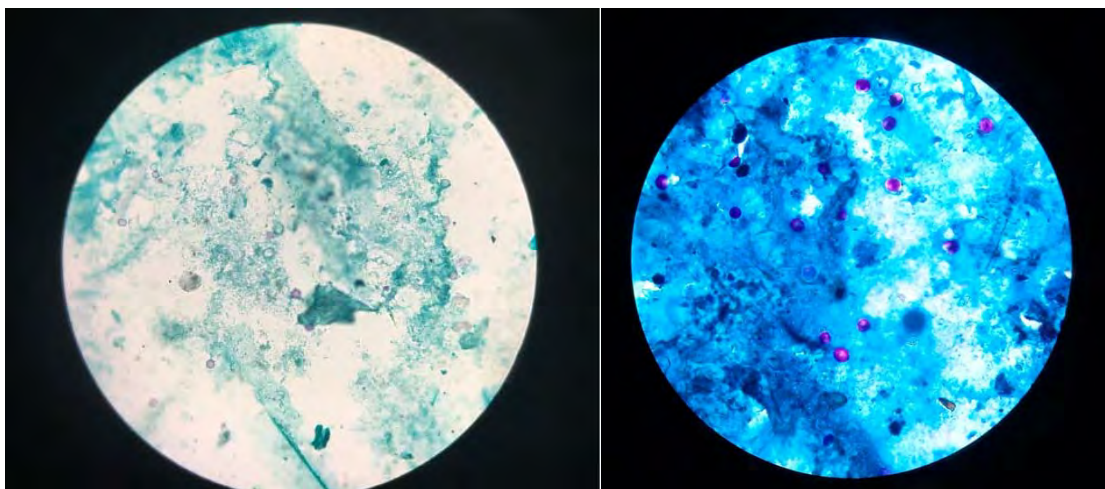
- Tryland, I., Robertson, L., Blankenberg, A.B., Lindholm, M., Rohrlack, T. y Liltved, H. 2011. Impact of rainfall on microbial contamination of surface water. *Int J Clim Chan Str Management.* 3:361-73. <https://doi.org/10.1108/17568691111175650>
- Tzipori, S., Campbell, I., Sherwood, D., Snodgrass, D. R. y Whitelaw, A. 1980. An outbreak of calf diarrhoea attributed to cryptosporidial infection. *Vet. Rec.*, 107:579-580.
- Tzipori, S., Smith, M., Halpin, C., Angus, K.W., Shewrood, D. y Campbell, I. 1983. Experimental cryptosporidiosis in calves: clinical manifestations and pathological findings *Vet. Rec.* 112:116-120.
- Tzipori, S. y Widmer, G. 2000. The biology of *Cryptosporidium*. *Contrib Microbiol.* 6:1-32.
- Uga, S., Matsuo, J., Kono, E., Kimura, K., Inoue, M. y Rai, S.K. 2007. Prevalence of *Cryptosporidium parvum* infection and pattern of oocysts heeding in calves in Japan. *Vet Parasitol.* 148:27-32.
- UNESCO. 2017. Día mundial del agua, las aguas residuales el recurso desaprovechado. <http://www.unesco.org/new/es/unesco/events/prizes-and-celebrations/celebrations/international-days/world-water-day-2017/consultada> 8/03/2018
- Valera, Z., Quintero, W., Villaroel, R. y Hernández, E. 2001. *Cryptosporidium* spp en becerros neonatos de una finca del municipio Rosario de Perijá, estado Zulia, Venezuela. *Rev. Científ. FCV-LUZ XI* (3): 213-18.
- Vega, P.C.A., Grajales, H.A.L. y Afanador, G.T. 2014. Prácticas ganaderas en sistemas de producción en ovinos y caprinos: desafíos para el mejoramiento de la competitividad del sector en Colombia. *Revista de Ciencia Animal* 8(1):41-65.
- Venturini, L., Bacigalupe, D., Basso, W., Junzaga, J.M., Venturini, M.C. y Moré, G. 2006. *Cryptosporidium parvum* in domestic animals and monkeys from a zoo. *Parasitol. Latinoam.* V.61 n.1-2 Santiago.
- Vergara, U.C.E., Arteaga, M.N.N., Segovia, L. y Márquez, L.M. 2014. Caracterización epidemiológica de enfermedades transmitidas por alimentos y agua en el estado mérida en el periodo 2011–2012. 2014. *Revista de Facultad de Medicina, Universidad de Los Andes.* Vol. 23. N° 1. 2014. Mérida. Venezuela.
- Vitoria, M.I., Castro, Hermida, J.A., Guillermo, J.E. y Otero, R.C. 2014. Agua para biberones y parásitos patógenos. *Enferm Infec Microbiol Clin.* 32:206–9 <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2012.04.005>

- Wang, R., Zhao, G., Gong, Y. y Zhang, L. 2017. Advances and Perspectives on the Epidemiology of Bovine *Cryptosporidium* in China in the Past 30 Years. *Front. Microbiol.* 8:1823. doi: 10.3389/fmicb.2017.01823
- Yoder, J. y Beach, M. 2010. *Cryptosporidium* surveillance and risk factors in the United States. *Exp. Parasitol.* 124: 31-39.
- Xian, M. C., Keithly, J.S., Paya, C.V. y Larusso, N.F. 2002. Current Concepts: Cryptosporidiosis. *N Engl J Med*, Vol. 346, No. 22. 1723-1731.
- Xiao, L., Fayer, R., Ryan, U. and Upton, S. J. 2004. *Cryptosporidium* taxonomy: recent advances and implications for public health. *Clinical Microbiology Reviews* 17, 72–97.
- Xiao, L. y Ryan, U.M. 2004. Cryptosporidiosis: an update in molecular epidemiology. *Curr Opin Infect Dis.* 17: 483-90.
- Xiao, L., Fayer, R., Ryan, U. y Upton, S. J. 2007. Response to the newly proposed species *Cryptosporidium pestis*. *Trends in Parasitology* 23,41–42.
- Yang, Y., Yi-Biao, Z., Peng, L.X., Yan, S., Yue, C., Song, L., Wu, L.Y., Xiu, X.S. y Qing, W.J. 2017. Prevalence of and risk factors associated with *Cryptosporidium* infection in an underdeveloped rural community of southwest China. *Infectious Diseases of Poverty.* 6:2. DOI 10.1186/s40249-016-0223-9
- Yang, Z., Zhao, w., Wang, J., Ren, G., Zhang, W. y Liu, A. 2018. Molecular detection and genetic characterizations of *Cryptosporidium spp* in farmed foxes, minks, and raccoon dogs in northeastern China. *Parasitol Res.* 117:169–75. <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5686-5>
- Zucatto, A.S., Aquino, M.C.C., Inácio, S.V., Figueiredo, R.N., Pierucci, J.C., Perri, S. H.V., Meireles, M.V., Bresciani, K.D.S. 2015. Molecular characterisation of *Cryptosporidium spp* in lambs in the South Central region of the State of São Paulo. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.* 67(2):441-46.

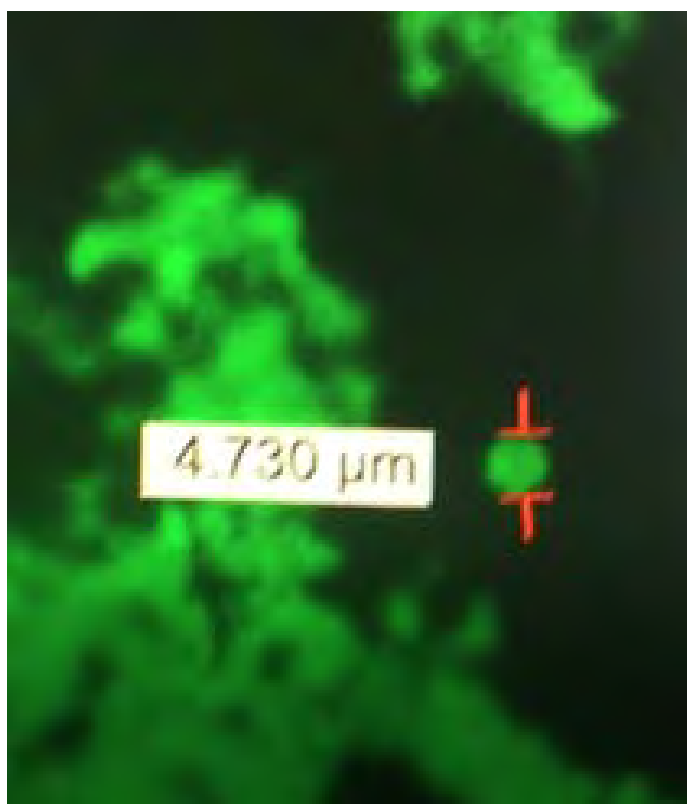
## CAPÍTULO 7. ANEXOS



A1. Municipio de Culiacán y localización de ríos, canales y unidades de producción ovinas



A2. Muestras de heces positiva a *Cryptosporidium* spp teñida por ZN



A3. Muestra de agua positiva a *Cryptosporidium parvum*



A4. Río Culiacán



A5. Río San Lorenzo y unidad de producción bovina extensiva.



A6. Río Culiacán y unidad de producción porcícola.



A7. Bovinos con acceso directo a río como abrevadero.



A8. Muestreo de aguas



A9. Proglótidis de *Moniezia* spp en heces de corderos





A 10. Bombeo de aguas de canal a UPO



A 11. Agua vertida de UPO a canal.



A 12. Ave en río Culiacán.



**CENTRO DE INVESTIGACION EN ALIMENTACION Y DESARROLLO, A.C.**  
 Unidad Científica  
 Ciencia y Tecnología en Alimentos y Productos Agropecuarios  
 en Zonas Urbanas y Periurbanas  
 SEP-COAHUACUAMAHUAPAH-SERAGRO-COAH. DE SERVICIOS DE SALUD ANIMAL DE COAHUILA

Coahuila, Coahuila a 11 de Noviembre de 2015

A quien corresponda

A través del presente hago constar que la MC Nohemi Castro del Campo es titular de los siguientes proyectos de investigación:

"Ovejas como alternativa de destete de aguas residuales para la inocuidad de productos lácteos". Financiado por Fondo Mixto - CONACYT.

"Caracterización de la infraestructura sanitaria de las áreas de inspección y control sanitario del Laboratorio Nacional para la inocuidad Alimentaria", asociado a la convocatoria Infraestructura CONACYT 2015.

Centro de Estudios de contaminación por plaguicidas mediante un formulado de bacteriología ambiental: toxicidad de microbios, intensidad y componentes alergénicos, asociados a la contaminación ambiental de la Ciudad -CUNAC y J 2015.

La M.C. Castro ha fungido como la base fuerte en las investigaciones que hechas desarrolladas, generando tanto conocimientos como instalaciones e infraestructura y generando con ello innovación de recursos humanos y subvenciones científicas.

Su más por el momento no describe en su zona quedar a sus órdenes para cualquier duda o aclaración.

ATTE:  

Dra. Nohemi Castro del Campo  
 Investigadora Titular  
 Laboratorio Nacional para la inocuidad Alimentaria  
 vcastro@ciaad.mx

Carretera a Saltillo km 199, s/n  
 Apdo. Postal 2525  
 C.P. Saltillo, Coahuila, C.D. Coahuila  
 Tel: +52 (81) 250-22-56 y 250-60-00  
 e-mail: hcastro@ciaad.mx

Se otorga la presente

**Constancia**

A: MC Nohemi Castro del Campo

Por su participación como posente con el tema "Principales protozoarios en ovinos de pastoreo, realizada el 22 de octubre de 2015, en el marco de la 22ª Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología, en las instalaciones de la FMVZ UAS.

ATENTAMENTE  
**"Sursum Versum"**  
 Coahuila Rosales, Sinaloa, febrero 2016.

M.C. JAIME ELEAZAR BORBOLLA IBARRA  
 DIRECTOR



Universidad Autónoma de Sinaloa - Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
 Boulevard San Andrés 548, Francisco de Soto Borja, Puerto Los Coahuilas,  
 Culiacán, Sinaloa, México. Tel: (602) 7 74 15 60  
 correo: hrc@uas.edu.mx, www.uasnet.mx/ruv



**CONSEJO NACIONAL DE CERTIFICACIÓN EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA, A. C.**

otorga a

**Nohemi Castro Del Campo**

el presente

**CERTIFICADO**

por cumplir los lineamientos de calidad en la práctica de la Medicina Veterinaria y Zootecnia

Parasitología

Período 2016-2021

Ciudad de México, a 6 de junio de 2016.

MVZ Patricia A. Figueroa  
 Presidente

MVZ Marco Antonio E. Aguilar Ballesteros  
 Secretario

Scanned by CamScanner



La Asociación Nacional para la Inocuidad y Calidad Alimentaria en México, A.C.

Otorga la presente

**CONSTANCIA**

A **M.C. NOHEMI CASTRO DEL CAMPO**

Por su participación en el 1er Congreso Internacional Sobre Inocuidad y Calidad Alimentaria.

El congreso se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Ciencias de Sinaloa, los días 16 al 18 de noviembre de 2016.

De Juan Antonio Cortés Ruz  
 Presidente Nacional

Coahuila, Sinaloa, 18 de noviembre, 2016



**CENTRO DE INVESTIGACION EN ALIMENTACION Y DESARROLLO, A.C.**  
 Unidad Cuicatlan  
 CIAD, A.C. 

SEPCONACYT/UNIDAD DE REGULACION, ESTABILIZACION, DE CALIDAD DE, DE COMERCIO

Cuicatlan, Sinaloa, 5 de abril de 2016

A quien corresponda:

Por este conducto hago constar que a M.C. NoheMI Castro del Campo ha concluido satisfactoriamente la Estancia de Investigacion en nuestras instalaciones en el Area de Inocuidad Alimentaria a cargo de su servidora. La dicha Area se le dio la capacitacion para atender la tecnica de conversacion de cepillos de Cryptosporidium parvum en aguas durante el periodo comprendido del 1 de enero al 11 de marzo de 2016.

Se hace por el momento un cierre de la estancia para los fines que a la interesada corresponden a los cuatro dias del mes de abril de 2016.

Atentamente,



Dra. NoheMI Castro del Campo  
 Investigadora Titular  
 Laboratorio de Inocuidad para la Investigacion en Inocuidad Alimentaria  
 Unidad de Investigacion en Alimentos y Desarrollo  
 Cuicatlan, Sinaloa

Cuicatlan a 5 de abril de 2016  
 Cde. Campo del Campo  
 C.P. 85110  
 Cuicatlan, Sinaloa, Mexico  
 Telefonos: (5057) 763-0000 y 763-0007  
 www.ciad.ac.mx

**CENTRO DE INVESTIGACION EN ALIMENTACION Y DESARROLLO, A.C.**  
 Unidad Cuicatlan  
 CIAD, A.C. 

SEPCONACYT/UNIDAD DE REGULACION, ESTABILIZACION, DE CALIDAD DE, DE COMERCIO

CIAD/DUC/003/17  
 Cuicatlan de Hualpa, Sinaloa

Asunto: Constancia Estancia de investigacion

A CAREN CORRESPONDA.

Por este conducto hago constar que la M. en C. NoheMI Castro del Campo, estudiante de Doctorado del Programa de Posgrado en Ciencias Agropecuarias de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autonoma de Sinaloa, ha concluido satisfactoriamente su Estancia de Investigacion en nuestras instalaciones en el Area de Inocuidad Alimentaria, a cargo de su servidora. En dicho Area se le dio capacitacion para el desarrollo de su proyecto de tesis doctoral "Caracterizacion genetica de Cryptosporidium parvum en cerdos y su diseminacion en aguas superficiales de Cuicatlan, Sinaloa" durante el periodo comprendido del 02 de junio al 30 de septiembre de 2016.

Se hizo por el momento un cierre de la estancia para los fines que a la interesada corresponden a los cuatro dias del mes de enero del año 2016.

Atentamente,



Dra. NoheMI Castro del Campo  
 Responsable de Programas Academicos  
 CIAD, A. C. Cuicatlan, Sinaloa

Cuicatlan a 5 de abril de 2016  
 Cde. Campo del Campo  
 C.P. 85110  
 Cuicatlan, Sinaloa, Mexico  
 Telefonos: (5057) 763-0000 y 763-0007  
 www.ciad.ac.mx

**Latin Food 2016**  
 Latin Food Association Symposium in Food Safety  
 2016 Food Science, Microbiology and Safety Meeting

**CERTIFICATE OF PARTICIPATION**

This is to certify that the presentation entitled:  
**Ozone Efficacy for the Inactivation of Cryptosporidium parvum Oocysts in Wastewater.**

Author(s):  
 NoheMI Castro del Campo, Fátima Velázquez, NoheMI Castro, Jaeli González, Andrés Madero, Célida Martínez, Cristóbal Chávez, Carlos Urbániga, Guadalupe Llanos.

Was presented in Latin Food 2016, held in Cancun, Q. Roo, Mexico, November 9 - 11, 2016.

  
 Dr. Jorge Santos García Rivas  
 President of AMEPAL

  
 Dr. Hugo Sergio García Galindo  
 President of AMECA



**ZACATECAS 2016**  
 AMARVER, A.C. 

LA ASOCIACION MEXICANA DE MEDICOS VETERINARIOS ESPECIALISTAS EN BOVINOS, A.C.

Organiza la presente

**Constancia**

A: M en C NoheMI Castro del Campo

Por su Participacion como:  
**Conferenciante**

**XI Congreso Nacional e Internacional de Buiatria**  
 Zacatecas, Zacatecas, 4, 5 y 6 de agosto de 2016.  
 Duracion 24 horas

  
 MVZ-MC Eduardo Posadas Manzano  
 Presidente

Evento reconocido por el CONICERVET, con el folio BV/012/16.



NE 031

**AMPAVE**  
Asociación Mexicana de Parasitólogos Veterinarios, A.C.

**X CONGRESO NACIONAL DE PARASITOLOGÍA VETERINARIA**  
**UN MUNDO, UNA SALUD**

**Asociación Mexicana de Parasitólogos Veterinarios, A.C.**  
Organiza la presente

**CONSTANCIA**

**A:**  
Castro del Campo N., Castro del Campo N., De Dios-Guñones C.B., Ferrillo-Isoera J.J.,  
Enríquez-Verdugo I., Barballo-Ibarra J.E., Solís-Carasco J.D., Saragoza-Tizoc C.L., Gaxiola-Camacho S.M.

Por su presentación de trabajo en el X Congreso Nacional de Parasitología Veterinaria "Un Mundo, Una Salud" celebrado:

**ESTUDIO PRELIMINAR DE *Cryptosporidium* spp EN CORDEROS Y SU ASOCIACIÓN A SEXO, EDAD Y SISTEMA DE PRODUCCIÓN**

Puebla, Pue. 9-11 de agosto de 2017.

Dr. Gerardo J. Castro Aragón  
Secretaría

Dr. Juan Simón de la Cruz  
Presidente

Dr. Gabriel Agustín Tejedor  
Tesorero

**UPAEP** **FedMVZ**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.**  
Unidad Culiacán  
CIEN Y TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS DE ZONAS TROPICALES Y SUBTROPICALES

**CONACYT**  
CONSEJO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

SEP-CONACYT-UNAM-IFM-SEMARNAT-DOH. DE SINALOA-COB. DE SINALOA-COB. DE CHIHUAHUA

CIAD/DUC/168/17  
Culiacán de Rosales, Sinaloa

Asunto: Constancia Estancia de Investigación

A QUIEN CORRESPONDA:

Por este conducto hago constar que la M. en C. Nohelí Castro del Campo, estudiante de Doctorado del Programa de Posgrado en Ciencias Agropecuarias de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ha concluido satisfactoriamente su Estancia de Investigación en nuestras instalaciones, en el Área de Inocuidad Alimentaria, a cargo de su servidora. En dicha área llevó a cabo avances pertinentes para el desarrollo de su proyecto de tesis doctoral "Caracterización genotípica de *Cryptosporidium parvum* en corderos y su distribución en aguas superficiales de Culiacán, Sinaloa", durante el periodo comprendido del 6 de marzo al 28 de junio de 2017.

Sin más por el momento se extiende la presente para los fines que a la интереса convengan a los veintiocho días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

Atentamente,

**CIAD, A.C.**  
Dra. Nohelía Castro del Campo  
Responsable de Programas Académicos  
CIAD, A. C. Coordinación Culiacán

Carretera a El Estero Km. 6.6  
Del Camino El Diez  
C.P. 40110  
Culiacán, Sinaloa, México.  
Tel./Fax (667) 780-55-36 y 780-55-37  
www.ciad.edu.mx



GASTRO DEL CAMPO, NOHELIA <ncaastro@ciad.mx>

## Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica: Confirmación de envío

EIMC <eusserv@wimalibsevier.com>  
Responder a: EIMC <eimc@elsevier.com>  
Para: ncaastro@ciad.mx

6 de junio de 2016, 14:28

Estimado/a Dr. Castro-del Campo

Le confirmamos que su artículo titulado: "Detección y viabilidad de *Cryptosporidium parvum* en aguas superficiales en el noroeste de México" ha llegado a la secretaría de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica.

En breve recibirá un mensaje con el número de referencia asignado y que le confirmará que el artículo ha iniciado el proceso de revisión. En caso de que sea necesario que haga algún cambio previo, también se le notificará por correo electrónico.

Tal y como especifican en las normas de publicación de la revista, le recordamos que su manuscrito no puede ser publicado en ninguna otra revista mientras dure el proceso de revisión.

No dude en contactar con la redacción para cualquier información adicional.

Recibe un cordial saludo.

Secretaría Editorial  
Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica