

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS**



**DETERMINACION DEL ESTADO DE SALUD DE 15 BORREGOS  
CIMARRONES SILVESTRES (*Ovis canadensis spp.*) EN BAJA  
CALIFORNIA**

**TESIS  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**PRESENTA  
M.V.Z. HUGO FRANCISCO LOAIZA VÉLEZ**

**TUTOR  
DR. GILBERTO LOPEZ VALENCIA**

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

MARZO 2016.

**DETERMINACION DEL ESTADO DE SALUD DE 15 BORREGOS  
CIMARRONES SILVESTRES (*Ovis canadensis spp.*) EN BAJA CALIFORNIA**

**Tesis presentada por Hugo Francisco Loaiza Vélez, como requisito parcial  
para obtener el grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido  
aprobada por el comité particular indicado:**

---

**Dr. Gilberto López Valencia  
Director de Tesis**

---

**Dr. Gerardo Medina Basulto  
Asesor**

---

**Dr. Sergio A. Cueto González  
Asesor**

---

**Dr. Tomas B. Rentería Evangelista  
Asesor**

---

**M.C. Jorge Alaníz García  
Asesor**

**MEXICALI, B. C., MÉXICO**

**MARZO DE 2016**

## CONTENIDO

	PAGINA
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE ANEXOS	5
ANTECEDENTES	6
JUSTIFICACION	8
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECIFICOS	9
REVISION DE LITERATURA	10
Enfermedades bacterianas	10
Enfermedades parasitarias	13
Enfermedades virales	15
MATERIALES Y MÉTODOS	17
Lugar de estudio	17
Campamento base	17
Diseño del estudio	17
Método de captura e identificación de ejemplares	18
Manejo de ejemplares capturados	18
Examen físico	18
Toma de muestras	19
Análisis de muestras	19
Medicina preventiva	21
Manejo de la información	21
Análisis estadístico	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
BIBLIOGRAFÍA	35

## LISTA DE CUADROS

		PAGINA
1	SECUENCIA DE NUCLEÓTIDOS DE LOS PRIMERS USADOS EN PCR Y QPCR	20
2	PARÁMETROS FISIOLÓGICOS DURANTE LA CAPTURA Y MANIPULACIÓN DE LOS 15 BORREGOS CIMARRONES	23
3	DETECCIÓN DE ECTOPARÁSITOS Y LA CONDICIÓN CORPORAL DE LOS BORREGOS CAPTURADOS	25
4	DETECCIÓN DEL ESTADO DE SALUD DE 15 BORREGOS CIMARRONES	27

## LISTA DE ANEXOS

	PAGINA
1 Resultados de biometria hemática	29
2 Resultados de bioquímica sanguínea	30
3 Resultados de bioquímica sanguínea (continuación)	31
4 Polígono de area de muestreo	32
5 Campamento base	32
6 Agentes infecciosas que han limitado las poblaciones de borregos cimarrones en vida silvestre	33
6 Agentes infecciosas que han limitado las poblaciones de borregos cimarrones en vida silvestre (continuación)	34

## ANTECEDENTES

El Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis spp.*) es un animal muy apreciado por su porte y belleza, esto le ha valido que se convierta en un trofeo muy apreciado para los cazadores nacionales y sobre todo extranjeros (INE-DGVS, 2000). Esta especie habita en zonas altas y escarpadas, poseen muy buena vista y detectan fácilmente a cazadores, depredadores o intrusos en su hábitat, los cuales una vez descubiertos el borrego con su asombrosa agilidad y gran velocidad escapa a zonas más altas por sitios muy infranqueables (Nowak 1991).

Sobre la base de su distribución geográfica y las medidas corporales se reconocen siete subespecies de borrego cimarrón en Norteamérica, tres de ellas se encuentran en México (*O.c.mexicana*, *O.c. weemsi*, *O.c. cremnobates*) (Elliot 1903).

Históricamente el borrego cimarrón (*Ovis canadensis spp.*) era abundante en Norteamérica, en el último censo (Valdés 2013), señala una población estimada 3 mil 400 borregos cimarrones en el territorio nacional. En Baja California se realizó un estudio poblacional por vía aérea en diferentes zonas del estado, estimándose una población de aproximadamente 2500 borregos adultos (Lee 2011).

Lamentablemente la población mundial de cimarrones ha disminuido debido a la combinación de diferentes factores como la caza furtiva, la pérdida del hábitat (Lawrence et al., 2010), la competencia con especies de rumiantes domésticos por zonas de alimentación así como por la adquisición enfermedades infecciosas las cuales se ha encontrado que en la mayoría de los casos los cimarrones se han contagiado debido a la exposición a especies domésticas (Dassanayake et al., 2008).

El período de mayor mortalidad se presenta durante los primeros seis meses de vida. Entre el primer y noveno año la tasa de mortalidad disminuye considerablemente y posteriormente la mortandad se incrementa hasta 10

veces, una causa de esto es el marcado desgaste dental que les impide alimentarse propiamente (Lee, 1998).

Los problemas respiratorios representan una de las principales afectaciones de los borregos cimarrones en la vida silvestre, en estos procesos se han identificado varios tipos de bacterias. Lo antes mencionado ha limitado la población de borrego cimarrón en gran parte del oeste de América del norte (Besser et al., 2008).

## JUSTIFICACION

El Borrego cimarrón (*Ovis canadensis spp.*), emblema de nuestra universidad, se encuentra en la categoría de protección especial según la NOM-059-ECOL-2010, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) lo contempla en el apéndice II bajo la categoría de “Protección Especial”, lo que implica que no está vedada, pero su aprovechamiento está sujeto a condiciones que garanticen su continuidad; y en lo concerniente a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) lo ubica en la categoría de bajo riesgo (<http://www.semarnat.gob.mx/>).

Debido a las características de comportamiento de esta especie y los patrones de movilidad es de suma importancia conocer el estatus de salud en el que se encuentran los borregos cimarrones, sobre todo por el hecho de que algunos ejemplares viajan y cohabitan en ambos lados de la frontera; esto debido a que existe una zona en la sierra que carece de cerco migratorio (que divide a ambos países), esto hace que aumente el interés debido al riesgo latente de que se llegue a presentar algún padecimiento que pueda convertirse en epidemia (WORKSHOP 2014).

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el estado de salud de 15 borregos cimarrones silvestres (*Ovis canadensis spp.*) en Baja California.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 1.- Capturar 15 borregos cimarrones de diferentes zonas de la de Sierra de Juárez en Baja California.
- 2.- Evaluar la condición corporal de los ejemplares.
- 3.- Determinar el estado de salud de los animales (hemograma completo, química sanguínea, pruebas para detección de Lengua azul, *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida*, endoparásitos, ectoparásitos).

## REVISION DE LITERATURA

Las poblaciones de borrego cimarrón (*Ovis canadensis spp.*) han disminuido significativamente en las últimas décadas debido principalmente a la fragmentación y degradación del habitat, la caza furtiva, enfermedades, desarrollo urbano y a las actividades recreativas humanas (Valdez et al., 1999). Una de las amenazas más graves para las poblaciones de borrego cimarrón (*Ovis canadensis spp.*) son las enfermedades (Cassaigne et al., 2010). Estas han sido consideradas por Gross et al. (2000), como la causa primaria de la extinción de algunas poblaciones de cimarrones.

A continuación se presenta una breve descripción de las principales enfermedades bacterianas, virales y parasitarias que afectan a estos animales.

### Enfermedades Bacterianas

Comúnmente las bacterias son un componente de la enfermedad respiratoria en muchas especies domésticas y no domésticos ocasionando infecciones; siendo la causa primaria o actuando de manera oportunista (Besser et al., 2008).

*Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida*, y *Bibersteinia* (antiguamente *Pasteurella*) *trehalosi* han sido aislados en neumonías de borrego cimarrón así como en animales sanos (Foreyt et al., 1994; Miller et al., 2011).

Muchas de las enfermedades están asociadas con la presencia de ganado doméstico que actúa como reservorio y transmisor de enfermedades (Dassanayake et al., 2008; Besser et al., 2012; Dassanayake et. al., 2010)

Se ha determinado la presencia de *Pasteurella* y *Mannheimia* en borregos cimarrones los cuales han sido expuestos a borregos domésticos contaminados en los cuales se ha encontrado que actúan de manera primaria, se han encontrado la presencia de estos microorganismos en brotes de neumonía en animales en vida libre, así como en animales que están en contacto con cabras y borregos domésticos (Dassanayake RP et al., 2009;

George JL et al., 2008). Sin embargo, todavía no se ha demostrado si se encuentra con más frecuencia *Pasteurella* o *Mannheimia* en animales con la enfermedad o en animales sanos ya que aparentemente tanto en ovejas domésticas como en cimarrones los síntomas de la etapa respiratoria son similares, además, dichos padecimientos en las ovejas domésticas y en los cimarrones aparentemente sanos en condiciones de campo pueden ser similares y no hay evidencia de contacto interespecie sin la enfermedad resultante (Miller DS et al., 2011; Ward ACS et al., 1997; Tomassini L et al., 2009). La similitud de *Pasteurella* y *Mannheimia* entre borregos cimarrón y borregos domésticos puede representar la introducción histórica y el establecimiento de nuevas cepas en las poblaciones y es concebible que esto podría predisponer a los animales a la enfermedad. Es posible que la Pasteurelosis sea una infección oportunista que se produce de forma secundaria debido a otras determinantes como factores del huésped, factores ambientales y que de esta forma favorezca a los brotes de enfermedades respiratorias (Rudolph KM et al., 2003).

Histopatológicamente se ha evidenciado que la presencia de *Pasteurella* en bronconeumonías en borregos cimarrones y ganado doméstico puede ser de gravedad clínica. Schwantje H et al., (1986); Rudolph KM et al., (2007), sugieren que el borrego cimarrón puede experimentar la enfermedad clínica seguida de una auto resolución de la misma.

Existen además pruebas de que la Pasteurelosis puede causar padecimientos crónicos y esporádicos los cuales afectan drásticamente a las poblaciones de borrego cimarrón, en contraposición a los impactos de brotes agudos (Cassirer EF et al., 2007).

El aislamiento de bacterias como *Arcanobacterium* (antes *Corynebacterium* y *Actinomyces*) *pyogenes* de borregos cimarrones neumónicos y el aislamiento de *Haemophilus somnus* de animales aparentemente sanos, son consistentes con la pasteurelosis como una infección oportunista (Aune K et al., 1998; Ward ACS et al., 2006).

Algunas estrategias consideradas para mitigar los efectos de la pasteurelosis en borrego cimarrón incluyen la administración de antibióticos, vacunas, y el establecimiento de cuarentena. Sin embargo la cantidad de estudios que apoyen la eficiencia del uso de vacunas contra la pasteurelosis en rumiantes domésticos en condiciones de campo es deficiente (Goodwin-Ray KA et al., 2008; Dabo SM et al., 2007) y estos sacan a relucir los desafíos en su desarrollo y la falta de eficacia de la vacuna o medicamento (Rudolph KM et al., 2007; Kraabel BJ et al., 1998; Cassirer EF et al., 2001). Además como estrategia de cuarentena para reducir al mínimo la transmisión entre especies se ha establecido un mínimo de 14.5 kilómetros amortiguadores entre el borrego cimarrón y los animales domésticos (Wobesor GA et al., 2004).

*Mycoplasma ovipneumoniae* ha sido considerado tanto un patógeno primario como un agente de predisposición para la pasteurelosis secundaria en los rumiantes domésticos, especialmente en corderos (Da Massa AJ et al., 1992; Ruffin DC, 2001).

Sin embargo se sabe que *Pasteurella*, *Mannheimia* y *Mycoplasma spp.* son comensales comunes en las ovejas domésticas y que el desarrollo de la enfermedad ocurre principalmente por la combinación de factores medioambientales y del huésped (Rudolph KM et al., 2007). No está claro en qué medida *Mycoplasma spp.* es responsable de los brotes en el borrego cimarrón, *Mycoplasma ovipneumoniae* se ha asociado con bronconeumonía en el borrego cimarrón en vida libre y podría ser el causante de rebrotes en corderos deprimidos en los años posteriores (Besser TE et al., 2008). Sin embargo, mientras *Mycoplasma spp.* puede ser un agente que podría ser introducido en las poblaciones de borrego cimarrón por las ovejas domésticas, se ha encontrado que este puede requerir de otros factores tal es el caso de *Pasteurella* y *Mannheimia*. Una realidad es que *Mycoplasma spp.* no se prueba de forma rutinaria y muchos laboratorios tienen una capacidad de diagnóstico limitada para este agente (Besser et al., 2008).

Durante el estudio de radio telemetría realizado por López et al. (1997), se tomaron muestras de sangre a los ejemplares capturados; los resultados de

las pruebas de laboratorio indican que para 10 borregos de El Pinacate, ocho eran portadores de *Ectima contagiosa* y dos de *Pasteurella hemolítica*, esta última es común en forma no patógena en borregos domésticos, en tanto que la *E. contagiosa*, si bien no es un factor de mortalidad directa, sí contribuye a la presencia de otras enfermedades. En veinte ejemplares de la sierra Pico Johnson se encontró que diez eran portadores de *E. contagiosa*, cuatro padecían la enfermedad de lengua azul y 3 habían contraído la hemorragia epizoótica; se observó que aquellos ejemplares que padecían de *Ectima contagiosa* eran también portadores de otras enfermedades, aparentemente no hay ninguna relación entre la incidencia de enfermedades y el sexo de los animales, aunque es probable que exista con la edad o el tamaño de la población, observándose mayor susceptibilidad o incidencia entre los animales viejos y en los grupos pequeños (Lee 1998). Adicionalmente las enfermedades suelen presentarse de forma aislada y en raras ocasiones como epizootias que afecten al conjunto de las poblaciones; sin embargo, pueden llegar a ser un factor importante que conduzca a la desaparición de un grupo pequeño al presentarse en combinación con otros factores, como sequías prolongadas, fuerte competencia o ausencia de alimento (Pugh 2002). En 2010 en Estados Unidos se presentó un brote epizoótico de neumonía en 9 rebaños en 5 estados, el cual mato cerca de 900 borregos cimarrones (cerca del 1% de la población de borregos en el noroeste de Estados Unidos y Canadá) (Cassaigne et al., 2010).

## **Enfermedades Parasitarias**

El efecto que tienen los parásitos sobre los hospedadores generalmente es en morbilidad más que mortalidad ya que reducen la condición del hospedador y su habilidad para buscar recursos, defender su territorio o proveer alimento a su descendencia (León J. 2014).

El Borrego cimarrón alberga un gran número de ecto y endoparásitos y basado en modelos animales generales, estos agentes pueden actuar como patógenos primarios o aumentar la susceptibilidad a la enfermedad de otros

agentes (Thorne ET et al., 1982). Así los individuos densamente infectados tenderán a tener bajo éxito reproductivo e incrementar su vulnerabilidad a causas secundarias de mortalidad como la depredación o las infecciones secundarias (Moller, 2005).

La sarna ovina (*Psoroptes spp.*) es un ectoparásito que se ha informado afecta a los borregos cimarrones y en los primeros reportes se han asociado la presencia de la sarna a el contacto con especies domesticas (Boyce W et al., 1990; 1991). *Psoroptes spp.* es de interés para la industria ganadera, ya que es un agente de notificación obligatoria, pero las infestaciones de ovejas domésticas puede ser subclínica, y los signos clínicos pueden ser en función del estado de salud del individuo, la etapa reproductiva, y la inmunidad a los ácaros (Pugh, D.G, 2002; Van den Broek AHM, 2003). Esto puede ser similar en los cimarrones silvestres donde se han reportado infestaciones subclínicas y auto-resolución de las infestaciones sin intervención humana en brotes asociados con sequías (Sandoval AV. 1980; Muschenheim AL et al., 1990).

Un brote, donde se describen las altas densidades de animales y la sequía, ilustra el desafío de distinguir entre la salud animal en peligro debido a la competencia por la nutrición, las respuestas dependientes de la densidad de "estrés" del huésped, la transmisión dependiente de la densidad de un agente, y otros factores; Sin embargo, la suma de estas observaciones sugieren que múltiples factores pueden determinar el curso clínico de la infestación (Welsh GW 1983).

El gusano pulmonar del genero *Protostrongylus spp.* es un endoparásito nativo de borregos cimarrones que se encuentran en toda los ecosistemas, excepto en condiciones de sequía en demasía donde los huéspedes intermediarios necesarios para la transmisión están ausentes; se ha asociado su presencia a todas las edades, siendo más susceptibles los animales de 3 a 6 semanas de edad (Rogerson JD et al., 2008). Se ha asociado las muertes a la presencia de infecciones bacterianas oportunistas que son secundarias a las lesiones del gusano pulmonar (Rudolph KM, 2007).

En un estudio realizado por Cassaigne G. et al. en 2010, se determinó que en 13 epizootias originadas por patógenos el 84% se asoció a casos de neumonía por contacto con animales domésticos, el 8% se “supuso” que era por la misma causa, mientras que el 8% restante se asoció a sarna en animales sin exposición previa. En el mismo estudio de 8 epizootias por estrés el 37.5% se asoció al clima y de este el 25% presentaban además sarna los animales; el 37.5 % asociado a actividad humana, mientras que el 25% se asoció a Ganado feral y/o clima extremo.

La sarna y el gusano pulmonar son agentes con posibles impactos de amplio alcance sobre el borrego cimarrón. Sin embargo, su papel como causas primarias o últimas de los brotes pueden variar ya que pueden estar presentes sin enfermedad clínicamente evidente, sin embargo, puede tener un papel en algunos brotes (Worley DE et al., 1992). Esto se puede complicar por la presencia en forma simultánea, de otro parásito como la coccidia, teniendo como resultado la reducción de la resistencia de los animales a otras enfermedades (Miller DS et al., 2012).

Además, los parásitos pueden servir como vectores de otros agentes infecciosos en el borrego cimarrón (De la Fuente J et al., 2006). En consecuencia, el potencial del parásito para contribuir a los brotes merece consideración, si son agentes nativos, agentes exóticos o son endémicos. Los parásitos pueden ser una preocupación particular para las poblaciones migratorias que se han convertido en sedentarias, debido a que la densidad poblacional y en consecuencia, se requiere el uso de una mejor metodología y el diseño del estudio para identificar los huéspedes y las interacciones de agentes ambientales para el desarrollo de estrategias de manejo de borrego cimarrón a corto y largo plazo (Jenkins EJ et al., 2006; Hoberg EP et al., 2008).

## **Enfermedades virales**

Algunos patógenos respiratorios virales como parainfluenza-3, virus sincitial respiratorio bovino, han sido asociados con brotes en borrego cimarrón

y existe evidencia serológica de que los animales pueden ser infectados y recuperarse de estos agentes (Miller DS et al., 2011; Clark RK et al., 1993).

Al igual que en las especies domésticas los virus predisponen a infecciones bacterianas oportunistas en los borregos cimarrones y plantean muchas de las mismas preguntas que existen para las infecciones parasitarias y bacterianas: si son agentes primarios o secundarios, cuales son los factores (Brogden KA et al., 1998; Lapinsky SE et al., 2010).

Pillmore RE et al., (1958); Rudolph KM et al., (2007); Miller DS et al., (2011), reportan que han encontrado la presencia de virus y ciertas bacterias actuando al mismo tiempo en algunos brotes en borregos cimarrón, siendo estos junto con algunos factores de riesgo (medioambientales y/o del huésped) la causa de los brotes.

Una alta seroprevalencia de anticuerpos frente a agentes tales como parainfluenza-3 y el virus sincitial respiratorio bovino en algunas poblaciones de borrego cimarrón sugiere que las infecciones pueden ser comunes y clínicamente leves o incidentales (Spraker TR et al., 1986; Miller DS et al., 2011).

La lengua azul es una enfermedad infecciosa, y contagiosa que afecta principalmente a rumiantes domésticos y salvajes, es transmitida por moscos y garrapatas (Mullens et al., 1992). Esta se considera endémica en la fauna silvestre en grandes partes de África y América del Norte. La mayoría de las especies de rumiantes silvestres son susceptibles a la infección aunque con frecuencia de forma asintomática. La patogenicidad de la enfermedad entre la fauna varía desde asintomática hasta fatal. El Borrego cimarrón es susceptible a la infección y puede desarrollar la enfermedad clínica llegando a ser fatal al igual que las ovejas domésticas (Castro et al., 1989). Como factores pre disponentes para la aparición o activación de la enfermedad, al igual que en otras enfermedades, se consideran a: densidad de población alta, cambios climaticos y/o presencia de situaciones de estrés (Noon TH et al., 2002; Miller DS et al., 2012).

Es probable que se requieran estudios longitudinales de múltiples poblaciones para determinar el grado en que los virus y otros determinantes contribuyen a los brotes de enfermedades respiratorias en general o en casos específicos (Miller et al., 2011).

El Anexo 6 menciona algunos agentes infecciosos que han afectado a poblaciones de borregos cimarrones silvestres (Miller DS et al. 2011).

## **Materiales y métodos**

### ***Lugar de estudio***

El presente trabajo se llevó a cabo en la zona de Sierra de Juárez en Baja California, esta es una cadena montañosa norteamericana ubicada en la parte norte del estado mexicano de Baja California, muy cercana a la frontera con el estado de California (INEGI 2010). Esta sierra forma parte de las zonas montañosas que recorren de Norte a Sur la Península de California, y cercana por el lado sur se encuentra la Sierra de San Pedro Mártir. (Anexo 4).

### ***Campamento base***

Se instaló un campamento y un laboratorio básico en un rancho localizado aproximadamente en el Km. 72 Carretera Federal No. 2 Mexicali-Tecate, en el camino vecinal que va hacia el Parque Constitución 1857, esto en el poblado de la Rumorosa, municipio de Tecate; esta se localiza geográficamente en los **32°32'06" N** y los **116°03'00" W**; la altitud del poblado es de 1232 msnm; sin embargo el cerro más alto de sus alrededores llega a los 1333 msnm (INEGI 2010). (Anexo 5).

### ***Diseño del estudio***

Se realizó un estudio epidemiológico transversal con el fin de identificar el estado de salud de 15 ejemplares adultos de borrego cimarrón capturados

con el apoyo de helicóptero. A un total de 10 animales (5 machos y 5 hembras) se le colocaron collares de localización satelital.

### ***Método de captura e identificación de ejemplares***

Para la captura de los ejemplares se contrató los servicios de la compañía “Native Range Capture Services” los cuales se dedican a capturar y manejar animales silvestres con procedimientos de forma segura y humanitaria (International Guiding Principles for Biomedical research Involving Animals, 2012; Gamborg et al., 2012).

Se utilizó un helicóptero marca “Robinson 44” para localizar, capturar y transportar a los ejemplares a una zona segura para llevar acabo el manejo correspondiente y en todo caso seguro para los ejemplares. La captura se realizó con pistolas de red (pistola de red Thompson/Center con red de 12 x12 pies). La técnica Utilizada fue la misma utilizada por Tomassini et al., (2009) en su estudio. Los ejemplares capturados se trasladaron a una zona segura para su revisión. A todos los animales capturados se le colocó un arete (tipo ganadero) en la oreja con la leyenda “SJ01, SJ02 y así sucesivamente hasta SJ15. Adicionalmente a 5 machos y 5 hembras se les colocó un radio collar GPS y VHF.

### **Manejo de los ejemplares capturados:**

#### ***Examen físico***

Se realizó un examen físico recabando datos como: examen de ojos, nariz, cavidad oral, testículos (machos), vulva (hembras), mamas, pezuñas, piel, articulaciones y abdomen. Se auscultaron los pulmones y corazón, se tomó temperatura, frecuencia respiratoria y pulso al momento del inicio de el examen y previo al termino del mismo. Se determinó el peso aproximado de los ejemplares mediante la observación de complexión y estructura física, tomando en cuenta si entran en los parámetros normales de la especie, Machos (79-90 Kg.) y Hembras (45-55 Kg.).

## **Toma de muestras**

Se tomó una muestra de sangre (80 ml) y se depositó en tubos con anticoagulante y sin anticoagulante, para posteriormente realizar las pruebas de hematología básica, pruebas de serología y de genética. Se tomaron muestras de pelo y se colocaron en bolsas de plástico para estudios de genética. Donde aplicaba se tomaban muestras de ectoparásitos en tubos estériles para ser identificados posteriormente. Se realizó mediante un hisopo la toma de muestra de exudado nasal, adicionalmente se tomó una muestra de exudado oro faríngeo y se colocó de manera individual en un tubo estéril debidamente rotulado. Se tomó una muestra de heces del recto de los ejemplares para la búsqueda de parásitos entéricos, esta se colocó de manera individual en una bolsa de plástico.

## **Análisis de muestras**

Una parte de las muestras sanguíneas se analizaron en el Laboratorio de Patología Clínica del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias (IICV).

Se utilizó el siguiente equipo: Centrífuga Clínica Ultra-8V, Centrífuga IDEXX StatSpin, Micro centrífuga Labtron C, Microscopio Leica, Mezclador de muestras, Cámara de Neubauer, Espectrofotómetro colorimétrico Spin 200; y se analizaron mediante las técnicas convencionales (Willard et al., 2004)

Se analizaron los siguientes parámetros:

- Hemogramas: conteo de eritrocitos y leucocitos (con respectivo diferencial leucocitario)
- Estimación de plaquetas
- Proteínas totales
- Fibrinógeno
- Bioquímicas sanguíneas: Glucosa, urea, creatinina, colesterol, triglicéridos, bilirrubina total, ALT, AST, Fosfatasa alcalina, CK, amilasa, calcio, fósforo, proteínas totales, albúmina, globulinas, GGT y LDH
- Determinaciones de electrolitos: Sodio, cloro y potasio

En el Laboratorio de Biología Molecular del IICV se realizaron las pruebas de PCR de los hisopados nasales para *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida* y la prueba de qRT-PCR a la muestra de sangre para Lengua azul.

Para *Mannheimia haemolytica* y *Pasteurella multocida* se utilizara el kit de extracción de ADN QIA amp® DNA Mini (QIAGEN); (Hawari et al., 2008); mientras que para lengua azul se utilizó el kit TRIzol® (Life Technologies) (Shaw et al., 2007).

Cuadro 1: Secuencia de nucleótidos de los praimers usados en PCR y Qpcr					
Patógeno	Secuencia 5´		Gen	Largo del Fragmento	Referencia
Pasteurella Multocida	Forward	AGG TGA AAG AGG TTA TG	Omp87	219pb	Hawari et al., 2008
	Reverse	TAC CTA ACT CAA CCA AC			
Mannheimia hemolítica	Forward	TTC ACA TCT TCA TCC TC	Ssa	325pb	Hawari et al., 2008
	Reverse	TTT TCA TCC TCT TCG TC			
Lengua Azul	Forward	YMATCACCGTGCAAGGT	VP1	412	Shaw et al., 2007
	Reverse	TGCATYTCGTTTTTMGC			

En el Laboratorio de Parasitología del Instituto se realizaron los análisis coproparasitoscópicos mediante la técnica de flotación con sulfato de zinc para el análisis de heces (Gibbons et al., 2011), se eligió la técnica de McMaster para el recuento de huevecillos y ooquistes (Gibbons et al., 2011), mientras que la identificación morfológica de los huevos y ooquistes se realizó mediante las características descritas por Zajac (2012). Los ectoparásitos fueron identificados por observación directa en microscopio estereoscópico.

## **Medicina Preventiva**

A cada ejemplar capturado se le aplicó una dosis de analgésico Banamine (Meglumina de Flunixin 50 mg/ml) y un antibiótico de larga acción Excede (Ceftiofur cristalino libre de ácido 200mg/ml). A los machos adultos se les administró 80 mg de Banamine y 500 mg de Excede vía subcutánea; mientras que a las hembras fueron administrados 50 mg de Banamine y 300 mg de Excede vía subcutánea.

## **Manejo de la información**

Se diseñó una base de datos en el programa Excell® para Windows para la captura y manejo de información generada en campo y en los laboratorios.

## **Análisis estadístico**

Con el fin de determinar la presencia/ausencia de enfermedades (Lengua azul, *Mannheimia haemolytica* y *Pasteurella multocida*), determinar los parámetros hematológicos así como la presencia/ausencia de endo y ectoparásitos, se realizó una estadística descriptiva.

## **Resultados y Discusión**

El borrego cimarrón de Baja California a través de la historia, se ha encontrado inmerso en un sinfín de temas políticos, culturales, de caza furtiva y deportiva, hasta clasificarlo al borde de la extinción, motivo por el cual se han realizado múltiples esfuerzos por protegerlo y se han emitido varias vedas. Si bien los estudios sobre esta especie han sido más ampliamente realizados en nuestro país vecino del norte realizando trabajos que van desde dinámica poblacional, hábitat, alimentación, estados de salud, especies con las que coexiste, genética, reproducción, depredadores, entre otros (Lawrence et al., 2010; Cassaigne G. et al 2010; Miller DS et al., 2011). En los últimos años en Baja California se han realizado estudios en esta especie enfocados principalmente al estudio de las características biológicas de la especie y a la dinámica poblacional (Ayala 2003; Peraza 2004; Escobar JG et al., 2012). Nuestro trabajo representa el primer esfuerzo en el que se aborda el estudio de los borregos cimarrones de forma multidisciplinaria y binacional; Aun así, estuvo limitado a la detección de solo 3 enfermedades además de detección de parasitosis interna y externa.

### **Parámetros fisiológicos durante la captura y manipulación de los 15 borregos cimarrones**

El cuadro 2 presenta los parámetros fisiológicos durante la captura y manipulación de los 15 borregos cimarrones. El tiempo promedio de manipulación fue de 20 minutos con un rango de 14 a 26 minutos. La temperatura promedio fue de 103.36 grados Fahrenheit considerada como normal además se detectaron en promedio con un pulso de 140 considerado como normal.

Cuadro 2.- Parámetros fisiológicos durante la captura y manipulación de los 15 borregos cimarrones.

Identificación	Sexo	Tiempo de Manipulación (minutos)	Temperatura (°F)	Pulso (latido/min.)	Frecuencia Respiratoria (por minuto)
SJ-01	H	23	103.2	132.5	49
SJ-02	H	24	104.2	125	49
SJ-03	H	19	103.3	140	44.6
SJ-04	H	20	104.2	150	42
SJ-05	H	23	104.3	135	48
SJ-06	M	26	101.7	150	48
SJ-07	M	21	101	135	51.5
SJ-08	M	33	101.2	125	54
SJ-09	M	18	101.8	125	48
SJ-10	M	14	105	155	70
SJ-11	M	23	104.3	135	54
SJ-12	M	16	103.9	155	54
SJ-13	M	13	104.9	150	54
SJ-14	H	26	104	135	58
SJ-15	H	15	103.4	155	60
<b>Promedios</b>		<b>20.93</b>	<b>103.36</b>	<b>140.16</b>	<b>52.27</b>

En nuestro estudio, durante la evaluación física no se identificó ningún hallazgo clínico anormal. El procedimiento utilizado para la captura y manejo de los borregos cimarrones fue la misma que nos muestra Gamborg et al.,

(2012) en la “International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals, 2012”. Esta metodología permitió mantener tranquilos a los ejemplares y recolectar las muestras necesarias para su futura evaluación. Debido a que los indicadores de estrés del animal no se vieron comprometidos, estos tiempos pudieran ser incrementados en futuros manejos de la especie lo cual permitirá entre otras cosas, incluir otras variables zoométricas de los borregos cimarrones, determinar la edad así como permitirá recolectar otro tipo de muestras que nos permitirán realizar otro tipo de estudios de la especie.

### **Detección de ectoparásitos y condición corporal de 15 borregos cimarrones**

El cuadro 3 muestra los resultados sobre la detección de ectoparásitos y la condición corporal de los borregos capturados. En total fueron capturados 15 animales (8 machos y 7 hembras). El total de los animales analizados fueron detectados con ectoparásitos encontrando un 93.3% (14/15) con infestación moderada es decir entre 10 y 15 ectoparásitos. Se les consideró condición corporal Anormal a aquellos borregos cimarrones que se encontraban por debajo del peso corporal promedio.

Cuadro 3.- Detección de ectoparásitos y condición corporal de 15 borregos cimarrones.

Identificación	Sexo	Ectoparásitos		Condición Corporal	
		Leve (1-9)	Moderado (10-15)	Severo (>15)	N = Normal
SJ-01	H		M		N
SJ-02	H		M		N
SJ-03	H		M		N
SJ-04	H		M		N
SJ-05	H		M		N
SJ-06	M		M		N
SJ-07	M		M		N
SJ-08	M		M		N
SJ-09	M		M		N
SJ-10	M		M		N
SJ-11	M		S		A
SJ-12	M		M		N
SJ-13	M		M		N
SJ-14	H		M		N
SJ-15	H		M		N

La presencia o ausencia de parásitos puede determinar en gran parte el estado de salud de una población debido a que en la mayoría de los casos los

parásitos presentes son vectores de una gran variedad de patógenos responsables de diferentes problemas sanitarios, no solo para los animales huéspedes sino para los demás animales que comparten el mismo hábitat, llegando incluso a ser algunos parásitos portadores de enfermedades zoonóticas. En estudios realizados por López (1979), Mooring MS et al., (2006) se evidenció la presencia de garrapatas del género *Dermacentor variabilis*, esta garrapata ha sido el vector más importante de enfermedades como la fiebre maculosa de las montañas rocosas (*rickettsia*), babesiosis, anaplasmosis, tularemia (*Francisella tularensis*), fiebre Q (*Coxiella burnetii*) y puede además provocar parálisis por garrapata (Contreras J et al., 2007; Scoles G A et al., 2008). La succión de sangre de estos ectoparásitos puede ser importante cuando la infestación es severa, como en el caso de uno de los ejemplares del estudio (SJ-11) y puede favorecer la disminución de peso, ya que el animal debe gastar energía en reemplazar la sangre perdida además de que limita su actividad normal. Considerando que estudios recientes han demostrado que California (Yabsley MJ et al., 2006; Mooring MS et al., 2006; Perry K., 2014) y Baja California comparten las mismas especies de garrapatas y que en ambos lados se han detectado enfermedades que pudieran mermar las poblaciones pero se desconoce el impacto de estas en las poblaciones, se requieren más estudios epidemiológicos transversales para determinar las prevalencias de las principales enfermedades que afectan a el borrego cimarrón.

## **Detección del estado de salud**

El cuadro 4, muestra la detección de borregos cimarrones con *Pasteurella multocida* y *Mannheimia haemolytica* mediante reacción en cadena de la polimerasa y Lengua Azul por medio de reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real. El total de los animales muestreados resultaron negativos a

Pasteurella multocida y Lengua azul, mientras que el 13.33% (2/15) resultaron positivos a Mannheimia haemolytica.

Cuadro 4. Detección del estado de salud de 15 borregos cimarrones

Identificación	Pasteurella multocida	Mannheimia haemolytica	Lengua Azul
SJ1	-	+	-
SJ2	-	-	-
SJ3	-	-	-
SJ4	-	-	-
SJ5	-	-	-
SJ6	-	-	-
SJ7	-	-	-
SJ8	-	-	-
SJ9	-	-	-
SJ10	-	-	-
SJ11	-	+	-
SJ12	-	-	-
SJ13	-	-	-
SJ14	-	-	-
SJ15	-	-	-

En el presente estudio el 13.33% (2/15) resultaron positivos a *Mannheimia hemolítica* los borregos no mostraban signos de la enfermedad. Dassanayake et al (2010) menciona que *Mannheimia* es habitante normal del tracto respiratorio de los borregos cimarrones, mientras que otros estudios han reportado que *Mannheimia haemolytica* al igual que *Pasteurella multocida* y *Bibersteinia trehalosi* han sido aislados tanto en borregos cimarrones con

problemas respiratorios como en animales sanos (Foreyt WJ et al., 1994; Miller DS et al., 2011; Callan R J et al., 1991; Welser G. C et al., 2003). En nuestro estudio no fue posible determinar el impacto de esta enfermedad ya que solo fueron incluidos 15 animales de un polígono de la sierra de San Pedro Mártir. Por lo anterior, futuras investigaciones deberán incluir una zona más amplia de cobertura, así como probar si este u otro microorganismo actúan como patógeno primario de la enfermedad o bien si existen otros factores determinantes para favorecer los brotes de enfermedades respiratorias.

# Anexos

## Anexo 1. Resultados de Biometria Hemática

ID	SEXO	HEMATOCRITO L/L	ERITROCITOS $\times 10^{12}/L$	VGM fL	LEUCOCITOS T. $\times 10^9/L$	NEUTRÓFILOS $\times 10^9/L$	BANDAS $\times 10^9/L$	LINFOCITOS $\times 10^9/L$	MONOCITOS $\times 10^9/L$	EOSINÓFILOS $\times 10^9/L$	BASÓFILOS $\times 10^9/L$	PROTEÍNAS T. g/L	FIBRINOGENO g/L	PLAQUETAS $\times 10^9/L$
SI-01	H	↓0.36	11.4	↓31.6	11.7	6.8	0	4.6	0	0.3	0	72	2	1436
SI-02	H	0.44	10.3	42.7	8.6	2.7	0	4.1	0	1.8	0	81	3	1256
SI-03	H	0.45	13.6	↓33.1	7.7	2.4	0	4.4	0.1	0.8	0	74	4	716
SI-04	H	↓0.39	8.3	↑47	15	4.9	0	↑8.2	0.4	1.5	0	71	2	992
SI-05	H	0.49	11.9	41.2	↑29.5	↑13.3	0	↑10.3	0.3	↑5.6	0	78	4	496
SI-06	M	0.41	10.5	39	7.2	1.7	0	2.2	0.1	↑3.2	0	78	2	Agregados 1+
SI-07	M	0.4	11.8	↓34	4.2	1.8	0	1.7	0.1	0.6	0	71	1	872
SI-08	M	0.45	12.1	37.2	13.5	1.2	0	↑7.8	0.3	↑4.2	0	84	6	372
SI-09	M	0.4	8.4	↑47.6	8	1.8	0	4.4	0.17	1.6	0	74	0	784
SI-10	M	0.39	8.8	↑44.3	22.1	↑9.9	0	↑7.7	↑0.9	↑3.5	0	86	4	792
SI-11	M	0.38	9	42	17.3	6.9	0	↑7.9	0.3	2.1	0	78	2	444
SI-12	M	0.34	7.2	↑47	9.5	2.2	0	5.3	0	2.4	0	71	3	672
SI-13	M	0.39	9.8	40	10.7	3.6	0	5.6	0.3	1.5	0	68	2	392
SI-14	H	↓0.42	8.5	↑50	21.6	6.8	0	2.7	0.2	↑9.8	0	74	1	536
SI-15	H	↓0.42	6.4	↑55.6	24.3	6.6	0	↑13.6	0.5	↑3.4	0.24	80	1	Agregados

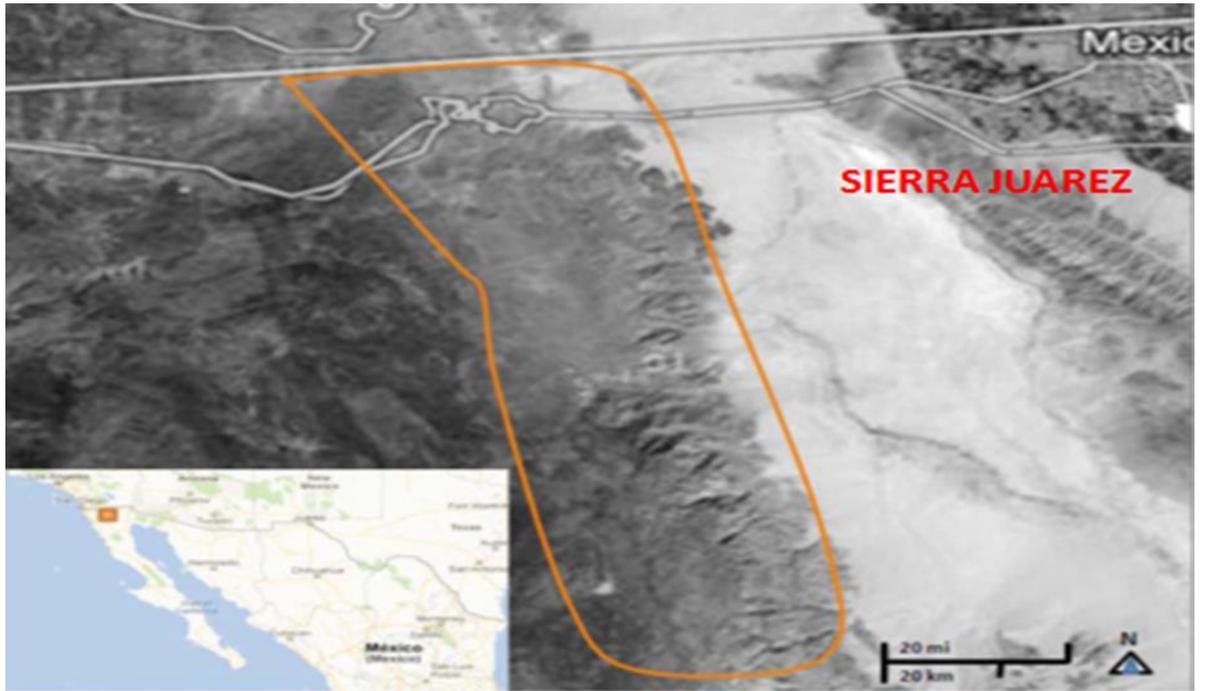
## Anexo 2. Resultados de Bioquímica Sanguínea

ID	SEXO	GLUCOSA mmol/L	CREATININA µmol/L	COLESTEROL mmol/L	TRIGLICERIDOS mmol/L	BILIRUBINA T. µmol/L	ALT U/L	AST U/L	CALCIO U/L	FOSFORO mmol/L	PROTEINAST g/L	ALBUMINA g/L	GLOBULINAS g/dl	RELACION A/G
SI-01	H	↓2.27	144	0.21	0.47	1.5	31	138	1.09	1.74	↓59.2	↓24	35.2	0.7
SI-02	H	5.03	143	1	1.43	0.2	40	123	3.35	1.76	↓59.8	↓25	34.8	0.7
SI-03	H	↓4.36	170	0.96	2.95	0	30	137	1.79	1.74	↓54.6	↓24	30.6	0.8
SI-04	H	↓3.87	119	0.63	1.22	2	38	136	3.15	1.29	↓46.3	↓17	29.3	0.6
SI-05	H	↓4.81	178	0.96	2.8	3.1	43	81	1.92	1.82	64.2	↓24	40.2	0.6
SI-06	M	↓3.87	131	0.29	1.04	0.4	28	103	1.14	0.9	↓39.2	↓16	↓23.2	0.7
SI-07	M	5.54	161	0.7	1.2	0	52	85	1.52	1.24	↓53.2	↓20	33.2	0.6
SI-08	M	5.67	145	0.58	1.9	0.7	42	89	1.88	1.37	74.1	↓25	49.1	0.5
SI-09	M	↓4.28	141	0.39	1.62	0	32	129	1.68	1.18	↓50.4	↓15	35.4	↓0.4
SI-10	M	↓3.57	155	0.62	1.1	2.1	42	92	1.65	2.2	60.7	↓21	39.7	0.5
SI-11	M	↓4.15	170	0.68	0.6	1.3	29	120	3.14	1.36	↓57.8	↓18	39.8	0.5
SI-12	M	6.53	142	0.81	1.54	2.5	43	140	1.63	1.44	↓51.3	↓18	33.3	0.5
SI-13	M	↓4.94	151	0.71	1.27	2.7	36	142	1.38	1.31	61.4	↓27	34.4	0.8
SI-14	H	↓4.89	147	0.92	1.47	2.3	36	98	2.88	1.51	↓50.5	↓20	30.5	0.7
SI-15	H	5.34	222	1.13	2.45	9.8	37	138	1.68	2.56	↓57.9	↓21	36.9	0.6

Anexo 3. Resultados de Bioquímica Sanguínea (continuación)

ID	SEXO	GGT U/L	LACTATO U/L	AMILASA U/L	CREATININ-QUINASA U/L	DIF	OSMOLARIDAD mmol/kg	FA U/L	NITROGENO UREICO mg/dl	UREA mmol/L	SODIO mmol/L	POTASIO mmol/L	CLORO mmol/L
SI-01	H	↓17	1459	33	223	58	339	353	3.5	7.52	172	5.4	114
SI-02	H	27	1271	30	397	51	322	831	3.1	6.6	162	5.2	111
SI-03	H	29	1221	27	1013	56	329	348	2.2	4.77	167	4.8	111
SI-04	H	26	1686	23	493	57	333	842	1.9	4.06	170	4.7	113
SI-05	H	33	1352	39	388	54	323	201	2	4.38	164	4.2	110
SI-06	M	↑17	1287	57	250	46	283	651	1	2.23	144	4.1	98
SI-07	M	29	1343	52	432	52	303	357	2.1	4.53	153	4.3	101
SI-08	M	30	1325	51	290	53	306	802	0.8	1.73	156	4.3	103
SI-09	M	65	1132	45	345	48	292	1138	0.6	1.27	149	4.6	101
SI-10	M	75	1775	37	266	54	322	883	2.1	4.5	164	7	110
SI-11	M	22	1158	37	128	46	299	222	1.7	3.61	152	4.8	106
SI-12	M	28	1745	30	1197	52	313	1510	2.6	5.5	157	5.6	105
SI-13	M	30	1599	45	789	49	289	824	1.7	3.72	146	5.2	97
SI-14	H	20	1510	32	743	51	303	603	1.2	2.65	154	4.6	103
SI-15	H	28	1918	37	429	53	301	247	2.1	4.42	152	5.7	99

Anexo 4. Polígono de área de muestreo



Anexo 5. Campamento base



Anexo 6. Agentes infecciosas que han limitado las poblaciones de borregos cimarrones en vida silvestre

Agent category	Infectious agent	Geographic distribution of determinant	Locations where determinant reported	Die-off attributed to determinant <sup>1</sup>
Parasite	<i>Psoroptes</i> spp.	Range-wide	Arizona	Yes
			California	Yes
			Colorado	Yes
			Montana	Yes
			Nevada	Yes
			New Mexico	Yes
			Oregon	Yes
			Texas	Yes
			Washington	Yes
			Wyoming	Yes
	Lungworm ( <i>Protostrongylus</i> )	Range-wide in mesic habitats	Alberta, Canada	Yes
			California	No
			Colorado	No
			Colorado	Yes
			Montana	Yes
			Montana	No
			Nevada	No
			Oregon	No
			Utah	No
			Wyoming	Unclear <sup>2</sup>
	Lungworm ( <i>Muellerius capillaris</i> )	Localized	Montana	No
			South Dakota	No
Bacteria	Pasteurellaceae	Range-wide	Alberta	Yes
			Arizona	No
			California	No
			Colorado	No
			Colorado	Yes
			Hells Canyon (Washington, Idaho)	Yes
			Idaho	No
			Montana	Yes
			Montana	No
			Nevada	No (endemic)

Anexo 6. Agentes infecciosas que han limitado las poblaciones de borregos cimarrones en vida silvestre (Continuación)

			Oregon	Yes
			Wyoming	Yes
	<i>Arcanobacterium</i> ( <i>Corynebacterium</i> )	Presumed range-wide	Colorado	Yes
	<i>Pyogenes</i>		Montana	Yes
	<i>Mycoplasma</i>	Uncertain	Arizona	Yes
			Hells Canyon	Yes
	<i>Chlamydophila</i> ( <i>Chlamydia</i> ) <i>Psittaci</i>	Uncertain	Wyoming	Yes
Virus	PI3 <sup>3</sup> , RSV <sup>4</sup>	Presumed range-wide	British Columbia, Canada	No
	PI <sup>3</sup> , BRSV <sup>4</sup>	Presumed range-wide	Hell's Canyon	Yes
	PI3 <sup>3</sup> , BRSV <sup>4</sup> , BVD <sup>5</sup> , IBR <sup>6</sup>	Presumed range-wide	Montana	Yes (some populations)
	PI3 <sup>3</sup> , RSV <sup>4</sup> , BVD <sup>5</sup> , IBR <sup>6</sup> , OPP <sup>7</sup> , BT <sup>8</sup> , EHD <sup>9</sup>	Presumed range-wide	California	No
	PI3 <sup>3</sup> , BVD <sup>5</sup> , BT <sup>8</sup> , parvo virus	Presumed range-wide	Colorado and Wyoming	No
	RSV <sup>4</sup>	Presumed range-wide	Arizona, California, Idaho, Montana, Nevada, New Mexico, Oregon, Utah, Washington	No
			Colorado	No
	BRSV <sup>4</sup> , BT <sup>8</sup> , EHD <sup>9</sup> , CE <sup>10</sup>	Presumed range-wide	Arizona	No (EHD and BT isolated from 2 mortalities)
	BT <sup>8</sup>	Presumed range-wide	Trans-Pecos, Texas	No
	CE <sup>10</sup>	Presumed range-wide	Alberta, British Columbia, Canada	No (high morbidity, but low mortality)

<sup>1</sup>Mortality considered to be in excess of baseline levels; <sup>2</sup>Mortality in excess of baseline versus endemic disease status was not clear; <sup>3</sup>PI3: parainfluenza-3 virus; <sup>4</sup>BRSV and RSV: bovine respiratory syncytial virus; <sup>5</sup>BVD: bovine viral diarrhoea virus; <sup>6</sup>IBR: infectious bovine rhinotracheitis virus; <sup>7</sup>OPP: ovine progressive pneumonia virus; <sup>8</sup>BT: bluetongue virus; <sup>9</sup>EHD: epizootic hemorrhagic disease virus; <sup>10</sup>CE: contagious ecthyma virus. (Miller DS et al. 2011)

## BIBLIOGRAFIA

- Allen RW. Present status of lungworm and tapeworm in desert bighorn sheep. *Desert Bighorn Council Transactions*. 1971; 15:7–11.
- Aune K, Anderson N, Worley DE, Stackhouse L, Henderson J, Daniel J. *Biennial Symposium of the Northern Wild Sheep and Goat Council*. Vol. 11. Cody, Wyo, USA: Northern Wild Sheep and Goat Council; 1998. A comparison of population and health histories among seven Montana bighorn sheep populations; pp. 46–69.
- Ayala Cano Sonia Gabriela; 2003; Tesis; Estrés Fisiológico Relacionado con la Dinámica Reproductiva del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.
- Besser, T. E., E. F. Cassirer, K. A. Potter, J. Vander Schalie, A. Fischer, D. P. Knowles, D. R. Herndon, F. R. Rurangirwa, G. C. Weiser and S. Srikumaran (2008). "Association of *Mycoplasma ovipneumoniae* Infection with Population-Limiting Respiratory Disease in Free-Ranging Rocky Mountain Bighorn Sheep (*Ovis canadensis canadensis*)." *J. Clin. Microbiol.* 46(2): 423-430.
- Besser, T.E., E. F. Cassirer, Yamada C., Potter K.A., Herndon C., Foreyt W. J., Knowles D.P., S. Srikumaran; SURVIVAL OF BIGHORN SHEEP (*Ovis Canadensis*) COMMINGLED WITH DOMESTIC SHEEP (*Ovis aries*) IN THE ABSENCE OF MYCOPLASMA OVIPNEUMONIAE; 2012. *J. Wildl. Dis.* 48(1): 168-172.
- Besser TE, Cassirer EF, Potter KA, et al. Association of *Mycoplasma ovipneumoniae* infection with population-limiting respiratory disease in free-ranging Rocky Mountain bighorn sheep (*Ovis canadensis canadensis*) *Journal of Clinical Microbiology*. 2008; 46(2):423–430.
- Boyce W, Elliott L, Clark R, Jessup D. Morphometric analysis of *Psoroptes* spp. mites from bighorn sheep, mule deer, cattle, and rabbits. *Journal of Parasitology*. 1990; 76(6):823–828.
- Boyce WM, Brown RN. Antigenic characterization of *Psoroptes* spp. (Acari: Psoroptidae) mites from different hosts. *Journal of Parasitology*. 1991; 77(5):675–679.
- Brogden KA, Rose D, Cutlip RC, Lehmkuhl HD, Tully JG. Isolation and identification of mycoplasmas from the nasal cavity of sheep. *American Journal of Veterinary Research*. 1988; 49(10):1669–1672.

- Brogden KA, Lehmkuhl HD, Cutlip RC. *Pasteurella haemolytica* complicated respiratory infections in sheep and goats. *Veterinary Research*. 1998; 29(3-4):233–254.
- Callan R J, T. D. Bunch, G. W. Workman, and R. E. Mock, "Development of pneumonia in desert bighorn sheep after exposure to a flock of exotic wild and domestic sheep," *Journal of the American Veterinary Medical Association*, vol. 198, no. 6, pp. 1052–1056, 1991
- Cassaigne G. Ivonne., Rodrigo A. Medellín, and José A. Guasco O. "MORTALITY DURING EPIZOOTICS IN BIGHORN SHEEP: EFFECTS OF INITIAL POPULATION SIZE AND CAUSE " *Journal of Wildlife Diseases* 2010 46:3, 763-771.
- Cassirer EF, Sinclair ARE. Dynamics of pneumonia in a bighorn sheep metapopulation. *The Journal of Wildlife Management*. 2007; 71(4):1080–1088.
- Cassirer EF, Rudolph KM, Fowler P, Coggins VL, Hunter DL, Miller MW. Evaluation of ewe vaccination as a tool for increasing bighorn lamb survival following pasteurellosis epizootics. *Journal of Wildlife Diseases*. 2001; 37(1):49–57.
- Castro, A. E., S. R. Montague, J. F. Dotson, D. A. Jessup and J. R. DeForge (1989). "Susceptibility of a Fetal Tongue Cell Line Derived from Bighorn Sheep to Five Serotypes of Bluetongue Virus and it's Potential for the Isolation of Viruses." *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 1(3): 247-253.
- CITES. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres. [www.cites.org](http://www.cites.org).
- Clark RK, Boyce WM, Jessup DA, Elliott LF. Survey of pathogen exposure among population clusters of bighorn sheep (*Ovis canadensis*) in California. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 1993; 24(1):48–53.
- Contreras J., Erick Mellink, R Martínez, G. Medina; PARÁSITOS Y ENFERMEDADES DEL VENADO BURA (*Odocoileus hemionus fuliginatus*) EN LA PARTE NORTE DE LA SIERRA SAN PEDRO MÁRTIR, BAJA CALIFORNIA; *Revista Mexicana de Mastozoología* 11:8-20. 2007.
- Dabo SM, Taylor JD, Confer AW. *Pasteurella* multocida and bovine respiratory disease. *Animal Health Research Reviews*. 2007; 8(2):129–150.

- DaMassa AJ, Wakenell PS, Brooks DL. Mycoplasmas of goats and sheep. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 1992; 4(1):101–113.
- Dassanayake, R. P., W. Liu, W. C. Davis, W. J. Foreyt and S. Srikumaran (2008). "Bighorn Sheep {beta} 2-Integrin LFA-1 Serves as a Receptor for Mannheimia haemolytica Leukotoxin." *J. Wildl. Dis.* 44(3): 743-747.
- Dassanayake Rohana P., Sudarvili Shanthalingam, Caroline N. Herndon, Renuka Subramaniam, Paulraj K. Lawrence, Jegarubee Bavananthasivam, E. Frances Cassirer, Gary J. Haldorson, William J. Foreyt, Fred R. Rurangirwa, Donald P. Knowles, Thomas E. Besser, Subramaniam Srikumaran; "Mycoplasma ovipneumoniae can predispose bighorn sheep to fatal Mannheimia haemolytica pneumonia"; 2010); *Veterinary Microbiology* 145 : 354–359.
- Dassanayake RP, Shanthalingam S, Herndon CN, et al. Mannheimia haemolytica serotype A1 exhibits differential pathogenicity in two related species, *Ovis canadensis* and *Ovis aries*. *Veterinary Microbiology*. 2009; 133(4):366–371.
- De Vos, J. C. 1993. The role of disease in Arizona's bighorn sheep. The desert bighorn sheep in Arizona. R. Lee (Ed.) Arizona Game & Fish Dep. Rpt. pp: 30-62.
- De la Fuente J, Atkinson MW, Hogg JT, et al. Genetic characterization of *Anaplasma ovis* strains from Bighorn sheep in Montana. *Journal of Wildlife Diseases*. 2006; 42(2):381–385
- Escobar Flores Jonathan Gabriel, Arturo Salame Méndez y Roberto Martínez Gallardo. 2012. Sexual Steroid Hormones Cuantification on Bighorn *Ovis canadensis* (Mamamlia: Artiodactyla) Sheep Feces From The Sierra San Felipe, Baja California. *Western North America Naturalist*
- Estrategia Estatal para la Conservación y el Manejo Sustentable del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en Baja California. 2012. Gobierno del estado de Baja California. Secretaría de Protección al Ambiente.
- Foreyt WJ, Snipes KP, Kasten RW. Fatal pneumonia following inoculation of healthy bighorn sheep with *Pasteurella haemolytica* from healthy domestic sheep. *Journal of Wildlife Diseases*. 1994; 30(2):137–145.
- Gamborg, C., Palmer, C. & Sandoe, P. (2012) Ethics of Wildlife Management and Conservation: What Should We Try to Protect? *Nature Education Knowledge* 3(10):8

- George JL, Martin DJ, Lukacs PM, Miller MW. Epidemic pasteurellosis in a bighorn sheep population coinciding with the appearance of a domestic sheep. *Journal of Wildlife Diseases*. 2008; 44(2):388–403
- Gibbons LM, Jacobs DE, Fox MT (2011) La Guía RVC/FAO para el diagnóstico parasitológico veterinario. Examen fecal para determinación de helmintos parásitos.  
[http://www.rvc.ac.uk/Review/Parasitology\\_Spanish/Index/Index.htm](http://www.rvc.ac.uk/Review/Parasitology_Spanish/Index/Index.htm)
- Goodwin-Ray KA, Stevenson MA, Heuer C. Effect of vaccinating lambs against pneumonic pasteurellosis under New Zealand field conditions on their weight gain and pneumonic lung lesions at slaughter. *Veterinary Record*. 2008; 162(1):9–11
- Hawari A.D., D.S.Hassawi, M. Sweiss; Isolation and Identification of *Mannheimia haemolytica* and *Pasteurella multocida* in Sheep and Goats using Biochemical Tests and Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Analysis; *Journal of Biological Sciences*; 2008; 8 (7): 1251-1254.
- Hoberg EP, Polley L, Jenkins EJ, Kutz SJ. Pathogens of domestic and free-ranging ungulates: global climate change in temperate to boreal latitudes across North America. *OIE Revue Scientifique et Technique*. 2008; 27(2):511–528
- Instituto Nacional de Ecología. (2000). Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. DIRECCIÓN GENERAL DE VIDA SILVESTRE
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010)
- International Guiding Principles for Biomedical research Involving Animals, 2012. COUNCIL FOR THE INTERNATIONAL ORGANIZATION OF MEDICAL SCIENCES AND THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR LABORATORY ANIMALS SCIENCE.
- Jenkins EJ, Veitch AM, Kutz SJ, Hoberg EP, Polley L. Climate change and the epidemiology of protostrongylid nematodes in northern ecosystems: *Parelaphostrongylus odocoilei* and *Protostrongylus stilesi* in Dall's sheep (*Ovis d. dalli*) *Parasitology*. 2006; 132(3):387–401.
- Kraabel BJ and M. W. Miller, "Effect of simulated stress on susceptibility of bighorn sheep neutrophils to *Pasteurella haemolytica* leukotoxin," *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 33, no. 3, pp. 558–566, 1997.

- Kraabel BJ, Miller MW, Conlon JA, McNeil HJ. Evaluation of a multivalent *Pasteurella haemolytica* vaccine in bighorn sheep: protection from experimental challenge. *Journal of Wildlife Diseases*.1998; 34(2):325–333.
- Lapinsky SE. Epidemic viral pneumonia. *Current Opinion in Infectious Diseases*. 2010; 23(2):139–144.
- Lawrence, P. K., S. Shanthalingam, R. P. Dassanayake, R. Subramaniam, C. N. Herndon, D. P. Knowles, F. R. Rurangirwa, W. J. Foreyt, G. Wayman, A. M. Marciel, S. K. Highlander and S. Srikumaran (2010). "TRANSMISSION OF MANNHEIMIA HAEMOLYTICA FROM DOMESTIC SHEEP (OVIS ARIES) TO BIGHORN SHEEP (OVIS CANADENSIS): UNEQUIVOCAL DEMONSTRATION WITH GREEN FLUORESCENT PROTEIN-TAGGED ORGANISMS." *J. Wildl. Dis.* 46(3): 706-717.
- Lee Raymond and Juan Manuel Segundo Galan; Status Report on desert bighorn sheep in various states in Mexico; 2011. DESERT BIGHORN COUNCIL TRANSACTIONS: VOL 51
- Lee, R. 1998. Desert bighorn sheep. *The Wild Sheep Journal*, FNAWS.1998. p. 50-56
- Leopold, A. S. 1977. *Fauna Silvestre de México*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. Editorial Pax. México. México, D.F. 600 pp.
- León Farías Juan Martín; Identificación de Endoparásitos del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsii*) y de la cabra doméstica (*Capra hircus*) en zonas borregueras de baja california sur, mediante copromicroscopía. Tesis para grado de Maestro en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 2014.
- López, E. y R. Lee. 1997. Movimientos, rangos caseros y modelo de calidad del hábitat del borrego cimarrón en Sonora, México. (Complemento al estudio denominado "Densidad poblacional y evaluación de la calidad del hábitat del borrego cimarrón, *Ovis canadensis mexicana*, en el Estado de Sonora, México). Instituto del Medio Ambiente y el Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora, y Departamento de Pesca y Caza del Estado de Arizona.
- Marsh H. Pneumonia in Rocky Mountain bighorn sheep. *Journal of Mammalogy*. 1938; 19(2):214–219.

- Martínez Gallardo Roberto y Sonia Gabriela Ayala Cano. 2007. Capítulo del Libro Tópicos en Sistemática, Biogeografía, Ecología y Conservación de Mamíferos con el Tema: "Biología, Hábitat y Manejo del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis*) en México" (G. Sánchez-Rojas y A. Rojas-Martínez). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Primera Edición. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEH. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
- Miller DS, Weiser GC, Aune K, et al. Shared bacterial and viral respiratory agents in bighorn (*Ovis canadensis*) and domestic sheep (*Ovis aries*) in Montana. *Veterinary Medicine International*. 2011; 2011:12;
- Miller DS, Eric Hoberg, Glen Weiser, Keith Aune, Mark Atkinson, and Cleon Kimberling; A Review of Hypothesized Determinants Associated with Bighorn Sheep (*Ovis canadensis*) Die-Offs; *Veterinary Medicine International*, vol. 2012, Article ID 796527, 19 pages, 2012. doi:10.1155/2012/796527
- Moller, A.P. 2005. Parasitism and the regulation of host populations. En: Thomas F., F. Renaud., J.F. Cuegan (eds.). *Parasitism and Ecosystems*. Oxford University Press Inc. New York, USA. 43-53p.
- Mooring Michael S; Benjamin L. Hart; Thomas A. Fitzpatrick; Dominic D. Reisig; Tara T. Nishihira; Ian C. Fraser; and Jill E. Benjamin; Grooming in desert bighorn sheep (*Ovis canadensis mexicana*) and the ghost of parasites past *Behavioral Ecology* (May/June 2006) 17 (3): 364-371 first published online January 25, 2006
- Mullens, B. and C. Dada (1992). "Spatial and seasonal distribution of potential vectors of hemorrhagic disease viruses to peninsular bighorn sheep in the Santa Rosa Mountains of southern California." *J. Wildl. Dis.* 28(2): 192-205.
- Muschenheim AL, Thorne ET, Williams ES, Anderson SH, Wright FC. Psoroptic scabies in Rocky Mountain bighorn sheep (*Ovis canadensis canadensis*) from Wyoming. *Journal of Wildlife Diseases*. 1990; 26(4):554–557
- Noon TH, Wesche SL, Cagle D, et al. Hemorrhagic disease in bighorn sheep in Arizona. *Journal of Wildlife Diseases*. 2002; 38(1):172–176
- Nowak, R. M. 1991. *Walker's Mammals of the World*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland, EUA.
- Peraza Perales Iván A.; Tesis; 2004; Hábitos Alimentarios de Dos Poblaciones de Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis*) en Baja California Sur y Sonora, México. Ensenada, Baja California.

Perry Kayla L; Molecular Phylogenetic Relationships of North American Dermacentor Ticks Using Mitochondrial Gene Sequences; 2014; Georgia Southern University; Thesis; Master of Science in Biology.

Pillmore RE. Problems of lungworm infection in wild sheep. Desert Bighorn Council Transactions. 1958; 2:57–63

PRENSA; FACILITARÁN A CAZADORES INFORMACIÓN SOBRE EL BORREGO CIMARRÓN EN SONORA, Por: Marco Antonio Piña Fuente: Televisa Hermosillo 03 octubre 2013.(<http://www.televisaregional.com/hermosillo/noticias/Facilitaran-a-cazadores-informacion-sobre-el-borrego-cimarron-en-Sonora-226392311.html>)

Pugh, D.G.; Sheep & Goat Medicine, First Edition; 2002, Saunders. 112-117.

Robinson RM, Hailey TL, Livingston CW, Thomas JW. Bluetongue in desert Bighorn sheep. *The Journal of Wildlife Management*. 1967; 31(1):165–168.

Rogerson JD, Fairbanks S, Cornicelli L; Ecology of Gastropod and Bighorn Sheep Hosts of Lungworm on Isolated, Semiarid Mountain ranges in Utah; *Journal of Wildlife Diseases*,44(1), 2008, pp. 28–44

Rudolph KM, Hunter DL, Foreyt WJ, Cassirer EF, Rimler RB, Ward ACS. Sharing of *Pasteurella* spp. between free-ranging bighorn sheep and feral goats. *Journal of Wildlife Diseases*. 2003; 39(4):897–903.

Rudolph KM, Hunter DL, Rimler RB, et al. Microorganisms associated with a pneumonic epizootic in Rocky Mountain bighorn sheep (*Ovis canadensis canadensis*) *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*.2007; 38(4):548–558.

Ruffin DC. Mycoplasma infections in small ruminants. *The Veterinary clinics of North America—Food animal practice*. 2001; 17(2):315–332.

Sandoval AV. Management of a psoroptic scabies epizootic in bighorn sheep (*Ovis canadensis mexicana*) in New Mexico. Desert Bighorn Council Transactions. 1980; 24:21–28.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)- Dirección General de Vida Silvestre del Instituto Nacional de Ecología (DGVS-INE). 2000. Proyecto para Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis*) en México.

Servicio Meteorológico Nacional (2011). <http://smn.cna.gob.mx/>

Shaw A.E., P. Monaghan, H.O. Alpar, S. Anthony, K.E. Darpel, C.A. Batten, A. Guercio, G. Alimena, M. Vitale, K. Bankowska, S. Carpenter, H. Jones, C.A.L. Oura, D.P. King, H. Elliot, P.S. Mellor, P.P.C. Mertens; 2007; Development and initial evaluation of real-time TR-PCR assay to detect bluetongue virus genome segment 1; *Journal of Virological Methods*; 145:115-126.

Schwantje H. Biennial Symposium of the Northern Wild Sheep and Goat Council. Vol. 5. Cody, Wyo, USA: Northern Wild Sheep and Goat Council; 1986. A comparative study of bighorn sheep herds in southeastern British Columbia; pp. 231–252.

Scoles, Glen A., Goff, Will L.; Lysyk, Timothy J; Lewis, Gregory S.; Knowles, Donald P.; Validation of an *Anaplasma marginale* ELISA for use in the diagnosis of *A. ovis* infections in domestic sheep and *Anaplasma* spp. in wild ungulates; 2008; *Journal of Veterinary Microbiology*; Vol. 130:184-190.

Spraker TR, C. P. Hibler, G. G. Schoonveld, and W. S. Adney, “Pathologic changes and microorganisms found in bighorn sheep during a stress-related die-off,” *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 20, no. 4, pp. 319–327, 1984.

Spraker TR, Collins JK, Adrian WJ, Olterman JH. Isolation and serologic evidence of a respiratory syncytial virus in bighorn sheep from Colorado. *Journal of Wildlife Diseases*. 1986; 22(3):416–418.

Thorne ET, Kingston N, Jolley WR, Bergstrom RC. *Diseases of Wildlife in Wyoming*. 2 edition. Cheyenne, Wyo, USA: Wyoming Game and Fish Department; 1982.

Tomassini L, Gonzales B, Weiser GC, Sischo W. An ecologic study comparing distribution of *Pasteurella trehalosi* and *Mannheimia haemolytica* between sierra Nevada bighorn sheep, white mountain bighorn sheep, and domestic sheep. *Journal of Wildlife Diseases*. 2009; 45(4):930–940.

Uhazy LS, Mahrt JL, Holmes JC. Coccidian of Rocky Mountain bighorn sheep in Western Canada. *Canadian Journal of Zoology*. 1971; 49(11):1461–1464

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

- Valdez, R., P. R. Krausman. 1999. Description, distribution, and abundance of mountain sheep in North America. In *Mountain sheep of North America*, R. Valdez and P. R. Krausman (eds.). University of Arizona Press, Tucson, Arizona. pp. 3–19.
- Van den Broek AHM, Huntley JF, Machell J, Taylor MA, Miller HRP. Temporal pattern of isotype-specific antibody responses in primary and challenge infestations of sheep with *Psoroptes ovis*—the sheep scab mite. *Veterinary Parasitology*. 2003; 111(2-3):217–230.
- Ward ACS, Hunter DL, Jaworski MD, et al. *Pasteurella* spp. in sympatric bighorn and domestic sheep. *Journal of Wildlife Diseases*. 1997; 33(3):544–557.
- Ward ACS, Weiser GC, Anderson BC, Cummings PJ, Arnold KF, Corbeil LB. *Haemophilus sommus* (*Histophilus Somni*) in bighorn sheep. *Canadian Journal of Veterinary Research*. 2006; 70(1):34–4.
- Welser G. C., W. J. DeLong, J. L. Paz, B. Shafii, W. J. Price, and A. C. S. Ward, “Characterization of *Pasteurella multocida* associated with pneumonia in bighorn sheep,” *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 39, no. 3, pp. 536–544, 2003.
- Welsh GW, Bunch TD. Psoroptic scabies in desert bighorn sheep (*Ovis canadensis nelsoni*) from northwestern Arizona. *Journal of Wildlife Diseases*. 1983; 19(4):342–344.
- Willard D. Michael, Harold Tvedten; 2004; *Diagnóstico Clínico Patológico Práctico; Intermedica; 4ta. Edición* Wobesor GA. *Investigation and Management of Disease in Wild Animals*. New York, NY, USA: Plenum Press; 1994.
- WORKSHOP: 1ST BINATIONAL WORKSHOP ON THE ECOLOGY AND CONSERVATION OF PENINSULAR BIGHORN SHEEP IN THE CALIFORNIA-BAJA CALIFORNIA BORDER REGION, 2014. San Diego Zoo Beckman Center, Escondido, CA.
- Worley DE, Seese F. Gastrointestinal parasites of bighorn sheep in western Montana and their relationship to herd health. *Colorado Division of Wildlife Federal Aid Project W-41-r-22, Job and Final Report*. 1992.
- Yabsley Michael J., William R. Davidson, David E. Stallknecht, Andrea S. Varela, Pamela K. Swift, James C. Devos, Jr., and Shelli A. Dubay. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. January 2006, 5(4): 351-362. doi:10.1089/vbz.2005.5.351.
- Zajac M. A. y A. G. Conboy. 2012. *Parasitología Clínica Veterinaria*. Wiley-Blackwell. Octava edición. P. 45, 55-59.