



ARTÍCULO DE REVISIÓN

Análisis de la prevalencia de la enfermedad de Chagas bajo el enfoque de medicina de la conservación en Colombia

Analysis of the prevalence of Chagas disease using a conservation medicine approach in Colombia

Robinson Elian García Pimentel^{1*}, Angie Paola Arce Rodríguez¹

¹Facultad de ingeniería y ciencias básicas, Instituto Tecnológico del Putumayo, Colombia

* robinsongarcia2020@itp.edu.co

Recibido: 10 de septiembre de 2024. Aceptado: 15 de diciembre de 2024

Resumen

La enfermedad de Chagas, también conocida como tripanosomiasis americana, es una enfermedad tropical desatendida causada por el parásito *Trypanosoma cruzi*. Se transmite principalmente a través de la picadura de insectos triatominos, conocidos como "chinchas besuconas", que defecan en la piel de la víctima tras alimentarse de su sangre. La infección también puede ocurrir por transfusiones de sangre, trasplantes de órganos, de madre a hijo durante el embarazo, y por el consumo de alimentos contaminados. La enfermedad de Chagas presenta dos fases: aguda y crónica. La fase aguda, que dura unas semanas o meses, a menudo es asintomática o presenta síntomas leves como fiebre, fatiga, hinchazón de un ojo (signo de Romana) y lesiones en el sitio de la picadura. Sin tratamiento, la infección puede progresar a la fase crónica, que puede permanecer asintomática durante años o décadas. Sin embargo, el 20-30% de los infectados desarrollan complicaciones graves, como cardiopatías, megacolon o megaesófago. Los triatóminos son esenciales en la transmisión de la enfermedad de Chagas. Estos insectos se alimentan de la sangre de animales y humanos, y al hacerlo, pueden transmitir el parásito *Trypanosoma cruzi*. Después de picar, los triatominos defecan cerca de la herida, permitiendo que el parásito ingrese al cuerpo a través de la piel o mucosas. El control de estos vectores es crucial para prevenir la propagación de la enfermedad. Mejorar las condiciones de vivienda, usar insecticidas y educar a las

comunidades sobre prácticas de higiene son medidas efectivas para reducir la incidencia de la enfermedad.

Palabras clave: Una Salud, ecología de las enfermedades, vectores, salud pública, zoonosis.

Abstract

Chagas disease, also known as American trypanosomiasis, is a neglected tropical disease caused by the parasite *Trypanosoma cruzi*. It is transmitted mainly through the bite of triatomine insects, known as "kissing bugs", which defecate on the victim's skin after feeding on their blood. Infection can also occur through blood transfusions, organ transplants, from mother to child during pregnancy, and through consumption of contaminated food. Chagas disease has two phases: acute and chronic. The acute phase, which lasts a few weeks or months, is often asymptomatic or presents mild symptoms such as fever, fatigue, swelling of one eye (Romagna sign) and lesions at the site of the bite. Without treatment, the infection can progress to the chronic phase, which can remain asymptomatic for years or decades. However, 20-30% of those infected develop serious complications, such as heart disease, megacolon or megaesophagus. Triatomines are essential in the transmission of Chagas disease. These insects feed on the blood of animals and humans, and in doing so, they can transmit the *Trypanosoma cruzi* parasite. After biting, triatomines defecate near the wound, allowing the parasite to enter the body through the skin or mucous membranes. Control of these vectors is crucial to prevent the spread of the disease. Improving housing conditions, using insecticides, and educating communities about hygiene practices are effective measures to reduce the incidence of the disease.

Keywords: One Health, disease ecology, vectors, public health, zoonoses.

Introducción

La enfermedad de Chagas es una enfermedad zoonótica clave transmitida por vectores humanos y endémica en 21 países de América Latina y la región sur de los Estados Unidos. Además, se han notificado nuevos casos en Europa, Canadá, Nueva Zelanda y Australia, debido principalmente a la movilidad poblacional entre las Américas y el resto del mundo (Alarcón et al., 2021).

La enfermedad de Chagas presenta una fase aguda, mayoritariamente asintomática, caracterizada por una parasitemia evidente, seguida de una fase crónica, caracterizada por la ausencia de parasitemia evidente y una respuesta humoral robusta. Aunque la mayoría de las personas con infección crónica son asintomáticas, entre el 30% y el 40% de los pacientes desarrollan enfermedades cardíacas, megasíndromes digestivos o ambos (Azambuja et al., 2005).

La cronicidad de la patogénesis de la enfermedad ha contribuido a dificultar su diagnóstico, comprometiendo el tratamiento. Además, las discontinuidades en las iniciativas de control lanzadas en la década de 1990 han sido responsables del resurgimiento de la enfermedad de Chagas, que se convirtió en un problema económico y de salud mundial (Ardila et al., 2022).

Trypanosoma cruzi, un parásito hemoflagelado, es el agente etiológico de la enfermedad de Chagas que afecta a entre 6 y 7 millones de personas en todo el mundo, principalmente en América Latina. El ciclo de vida del parásito es complejo y alterna entre un huésped invertebrado (vector Triatominae) y un huésped mamífero. La adaptación del parásito a los diversos microambientes por los que transita es fundamental para tener éxito en el establecimiento de la infección. Además, las señales ambientales también juegan un papel importante en el desarrollo del parásito y pueden modular la infección (de Sousa, 1999).

De acuerdo con Vásquez et al. (2013):

Se estima que en Colombia 8 millones de personas están expuestas a la transmisión de la enfermedad y existen entre 700.000 y 1'200.000 humanos infectados. Para Colombia y otros países como Venezuela, el principal vector domiciliado es *Rhodnius prolixus*. Sin embargo, otras especies, como *R. pallescens*, juegan un papel muy importante como vectores secundarios del parásito porque habitan zonas silvestres y peridomésticas compartidas por el hombre en forma temporal o permanente. Estos vectores son de hábitos hematofágicos eclécticos y se adaptan más fácilmente a ambientes que han sufrido la intervención por el hombre. *R. pallescens* se ha encontrado asociado a zonas del peridomicilio como gallineros y con infecciones altas por *T. cruzi* y *T. rangeli* (p. 527).

En relación a escenario epidemiológico de la enfermedad de Chagas en el país, Hurtado et al. (2014) asegura que:

Es complejo y de igual manera lo son las medidas sanitarias dirigidas a evitar la transmisión de la infección al humano. No resulta eficiente aplicar las técnicas tradicionales de uso de insecticidas para la eliminación de vectores domésticos que mantienen una transmisión continua de la infección. En años recientes se ha insistido en que el control de la enfermedad de Chagas requiere un manejo integral e interdisciplinario (enfoque ecosistémico), con la participación activa y efectiva de los miembros de la comunidad afectada. Esto implica que el éxito de los programas de prevención está ligado a que gran parte de los habitantes de las zonas afectadas cuente con un mínimo de conocimientos sobre el problema de salud y las medidas a su alcance para evitar la transmisión de esta parasitosis (p. 261).

El propósito de este artículo es analizar de manera cualitativa, la prevalencia de la enfermedad de Chagas bajo el enfoque de medicina de la conservación en Colombia.

Metodología

Técnicas e instrumentos de recolección de información

Se realizó en primera instancia una búsqueda en bases de datos académicas de información (artículos científicos, tesis o libros) que informaran a cerca de la influencia de la salud ecosistémica y factores ambientales en la aparición de la enfermedad de Chagas; luego, en una ficha de Excel se relacionaron cada uno de los insectos hemípteros reportados en casos de Chagas y el lugar de Colombia donde se presentó. Con esto, se obtuvo una relación de los insectos transmisores de *T. cruzi*, conociendo su distribución geográfica.

Posteriormente, se procedió a recopilar información y/o publicaciones científicas que informaran sobre posibles efectos de las variables ambientales, como la temperatura, precipitación, humedad, entre otros, sobre los vectores y el agente etiológico de la enfermedad de Chagas.

La búsqueda de información se desarrolló en las bases de datos Science Direct, Scholar, Scielo, Springer y Redalyc, seleccionando artículos de investigación científica, tesis de grado y monografías publicados en los últimos 20 años.

Enfermedad de Chagas

Generalidades

La enfermedad de Chagas, también conocida como tripanosomiasis americana, es una enfermedad tropical parasitaria causada por el protozoo *Trypanosoma cruzi*. Transmitida principalmente por insectos triatominos, comúnmente conocidos como "chinchas", la enfermedad es endémica en América Latina, aunque también se ha extendido a otras regiones debido a la migración. La enfermedad de Chagas tiene dos fases: aguda y crónica. La fase aguda puede ser asintomática o presentar síntomas leves como fiebre, fatiga e hinchazón en el sitio de la picadura. Sin tratamiento, la enfermedad progresa a la fase crónica, que puede durar décadas y causar graves problemas cardíacos y digestivos. La prevención se centra en el control vectorial, mejoramiento de las viviendas y educación pública, mientras que el tratamiento incluye medicamentos antiparasitarios, que son más efectivos en la fase aguda (Botto et al., 2022).

Zuleta et al., (2017) manifiesta que:

La fase aguda dura de seis a ocho semanas, y la crónica tiene una duración indeterminada que, en la mayoría de los pacientes, se prolonga varios años después de su inicio e, incluso, indefinidamente, y es detectable solo mediante pruebas serológicas o parasitológicas. De 10 a 40 % de las personas infectadas puede sufrir daño cardíaco o gastrointestinal crónico; la mortalidad durante la fase aguda es de alrededor de 5 % y en la fase crónica se ubica por encima de 50 % cuando hay disfunción cardíaca (p. 219).

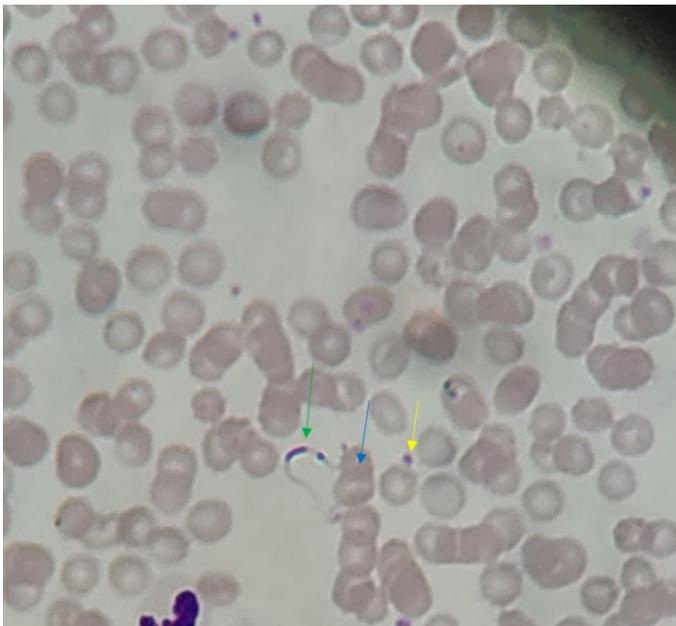
Agente causal

La enfermedad de Chagas es ocasionada por *Trypanosoma cruzi*, un protista del reino Protista, filo Euglenozoa, la clase Kinetoplastea, familia Trypanosomatidae, caracterizado por la presencia de un solo flagelo y una sola mitocondria, cuyo genoma se encuentra ordenado en una compleja y compacta región dentro de la propia mitocondria, y cerca de la base del flagelo denominada cinetoplasto. Es un parásito intracelular con un ciclo de vida que involucra vertebrados e invertebrados (Martínez et al., 2022).

En la Figura 1, se expone un microorganismo de *T. cruzi* (flecha verde) en medio de glóbulos rojos (flecha azul) y plaquetas (flecha amarilla), visto mediante microscopia de sangre.

Figura 1

Morfología de T. cruzi



Nota. Tomado de <https://www.visavet.es/guessparasite/ficha-36.php>

Al igual que *Trypanosoma cruzi*, el parásito *Leishmania sp.* también pertenece al filo Euglenozoa, por ende, se considera que este clado taxonómico conocido también como euglenozoos, agrupa patógenos reconocidos por sus importantes afectaciones sobre la salud en humanos (Kostygov et al., 2021).

Cabe resaltar que otros microorganismos como *Plasmodium sp.* (ag. etiológico de malaria) y *Toxoplasma gondii* (ag. etiológico de toxoplasmosis) también son parásitos pertenecientes al reino protista, pero taxonómicamente se distinguen porque pertenecen a los filos Miozoa y Apicomplexa, respectivamente (White & Suvorova, 2018).

Desde el punto de vista microbiológico, *T. cruzi* presenta características muy particulares en cada uno de sus estadios de desarrollo. Los tripomastigotos son la forma infectiva y circulante en el torrente sanguíneo del huésped vertebrado. Tienen una estructura alargada, fusiforme, con un flagelo que emerge desde el extremo posterior, pasando a lo largo del cuerpo y formando una membrana ondulante. Estos tripomastigotos no se replican en el huésped (Martínez et al., 2022). Los epimastigotos, presentes en el intestino medio del insecto vector, tienen una morfología similar, pero su núcleo y el cinetoplasto están más cerca del centro del cuerpo. Se replican activamente por fisión binaria (Guhl & Vallejo, 2003). Los amastigotos son formas redondeadas e intracelulares que se multiplican dentro de las células del huésped vertebrado. Carecen de un flagelo libre, lo que facilita su proliferación en el citoplasma de las células infectadas (Finamore et al., 2022). El cinetoplasto, una estructura distintiva que contiene ADN circular concatenado, es una característica clave de *T. cruzi*, proporcionando energía y facilitando la motilidad del parásito. Esta diversidad morfológica y funcional permite a *Trypanosoma cruzi* adaptarse y sobrevivir en diferentes entornos dentro de su ciclo de vida (Ardila et al., 2022).

Ciclo biológico

El *Trypanosoma cruzi* es un protozoo parásito responsable de la enfermedad de Chagas, una condición que afecta a millones de personas en América Latina. El ciclo biológico de este parásito es complejo, involucrando tanto a un insecto vector, comúnmente conocido como "chinche" o triatomino, como a un huésped vertebrado, generalmente mamíferos, incluidos los humanos. Este ciclo se puede dividir en varias etapas principales que ocurren tanto en el vector como en el huésped (Alarcón et al., 2021).

En el insecto vector, el ciclo comienza cuando el triatomino se alimenta de la sangre de un huésped infectado. Durante la alimentación, el insecto ingiere tripomastigotos circulantes en el torrente sanguíneo del huésped. Estos tripomastigotos son formas móviles y no reproductivas del parásito. Una vez en el intestino medio del insecto, los tripomastigotos se transforman en epimastigotos, que son formas replicativas del parásito. Los epimastigotos se multiplican por fisión binaria y, después de varias divisiones, migran al intestino posterior del insecto, donde se diferencian en tripomastigotos metacíclicos, que son las formas infectivas para el huésped vertebrado (Euzébio et al., 2021).

El ciclo continúa cuando el insecto infectado pica a un nuevo huésped y, durante la alimentación, defeca cerca del sitio de la picadura. Los tripomastigotos metacíclicos presentes en las heces del insecto entran en el cuerpo del huésped a través de la herida de la picadura, mucosas o abrasiones en la piel. Una vez dentro del huésped, los tripomastigotos metacíclicos invaden células del tejido subcutáneo, donde se transforman en amastigotos, la forma intracelular replicativa del parásito (Vieira et al., 2018).

Los amastigotos se multiplican por fisión binaria dentro de las células del huésped, lo que eventualmente lleva a la ruptura de las células y la liberación de nuevos tripomastigotos en el torrente sanguíneo. Estos tripomastigotos pueden invadir nuevas células y repetir el ciclo, o pueden ser ingeridos por un nuevo triatmino durante una comida de sangre, perpetuando el ciclo de transmisión (Santos et al., 2019).

El ciclo biológico de *Trypanosoma cruzi* es notable por su capacidad para adaptarse a diferentes ambientes y tipos celulares tanto en el vector como en el huésped. En el insecto vector, el parásito debe sobrevivir y reproducirse en el tracto digestivo, mientras que en el huésped vertebrado, debe evadir el sistema inmunológico y prosperar dentro de las células. Este ciclo es facilitado por varias estrategias adaptativas del parásito, incluyendo cambios morfológicos y metabólicos que le permiten alternar entre formas móviles y replicativas, y entre ambientes extracelulares e intracelulares (Alarcón et al., 2021).

La comprensión del ciclo biológico de *Trypanosoma cruzi* es crucial para el desarrollo de estrategias de control y tratamiento de la enfermedad de Chagas. Las intervenciones se centran en la interrupción del ciclo de vida del parásito, ya sea mediante el control de los vectores, la mejora de las condiciones de vivienda para reducir la exposición a los triatominos, o el desarrollo de medicamentos que sean efectivos en eliminar las diferentes formas del parásito dentro del huésped. A pesar de los avances, la enfermedad de Chagas sigue siendo una importante preocupación de salud pública, subrayando la necesidad de una investigación continua y de esfuerzos sostenidos para controlar esta enfermedad devastadora (Alarcón et al., 2021).

En la Figura 2, se muestra un diagrama sobre el ciclo biológico y los diferentes estadios del protozoo *T. cruzi* en los vertebrado e invertebrado.

Figura 2

Ciclo biológico de T. cruzi

inflamatoria local. Este ciclo de infección, destrucción celular e inflamación crónica da lugar a un daño progresivo del miocardio.

Respuesta Inmunológica e Inflamación Crónica

La presencia del parásito y sus antígenos en el tejido cardíaco provoca una respuesta inmune sostenida. Linfocitos T, macrófagos y otras células inmunes infiltran el miocardio en un intento por controlar la infección. Sin embargo, esta respuesta inflamatoria crónica resulta en daño tisular adicional. Los mediadores inflamatorios, como las citocinas (por ejemplo, TNF- α , IL-1 y IL-6) y las especies reactivas de oxígeno, contribuyen a la disfunción y muerte celular.

Fibrosis y Remodelación Cardíaca

La destrucción repetida de los miocitos y la inflamación crónica inducen procesos de reparación que incluyen la formación de tejido fibroso. La fibrosis miocárdica resulta en la sustitución del tejido muscular normal por tejido cicatricial, lo que altera la estructura y función del corazón. Esta remodelación cardíaca compromete la contractilidad y la relajación del miocardio, contribuyendo a la disfunción ventricular y la progresión hacia la insuficiencia cardíaca.

Arritmias y Conducción Cardíaca Anormal

La fibrosis y el daño tisular también afectan el sistema de conducción cardíaco, predisponiendo a los pacientes a diversas arritmias. Las arritmias ventriculares son comunes y pueden ser fatales. Además, la inflamación y el daño directo a las células del sistema de conducción pueden causar bloqueos cardíacos y otros trastornos del ritmo.

Insuficiencia Cardíaca

La combinación de miocarditis, fibrosis y remodelación ventricular conduce a la insuficiencia cardíaca. La dilatación del ventrículo izquierdo es común, y la función sistólica y diastólica se ven comprometidas. La insuficiencia cardíaca en la enfermedad de Chagas se caracteriza por síntomas como disnea, edema, fatiga y una capacidad funcional reducida. La insuficiencia cardíaca avanzada es una causa principal de muerte en pacientes con cardiopatía chagásica crónica.

Transmisión

En relación a la transmisión de la enfermedad de Chagas, Reyes et al., (2017) informó que:

En Colombia, la fase exploratoria y la intervención que se llevaron a cabo entre 1996 y 1999 en el marco del programa nacional de prevención y control de la enfermedad de Chagas, permitió establecer la distribución geográfica de los vectores, las especies domiciliadas y la seroprevalencia en niños menores de 15 años en zonas infestadas. La transmisión vectorial de *T. cruzi* al hombre se ha considerado la principal vía de infección, adquirida por contacto con heces infectadas de triatomíneos domiciliados (p. 69).

Trypanosoma cruzi es transmitido a los mamíferos principalmente por los triatomíneos, insectos reduvídeos hematófagos de la subfamilia Triatominae, en tres ciclos superpuestos: doméstico, peridoméstico y silvestre. Debido a la capacidad que tienen algunas especies de triatomíneos para habitar en las viviendas humanas y alcanzar grandes densidades de población dentro de ellas, el parásito también circula en los ambientes sinantrópicos (ciclo antroponóico, doméstico o secundario), siendo el hombre el principal reservorio doméstico, seguido por los perros, gatos y roedores domésticos, lo que permite que también ocurra un ciclo peridoméstico (antroponóico o intermediario) (García et al., 2015).

El ciclo de vida y las dinámicas de las poblaciones de las especies de Triatominae, están directamente relacionadas con su interacción con huéspedes vertebrados que les garantizan el suministro continuo de sangre o alimento para desarrollarse y multiplicarse. De las 137 especies de triatomíneos formalmente reconocidas, probablemente todas son capaces de transmitir *T. cruzi*, aunque relativamente pocas tienen relevancia epidemiológica como vectores de *T. cruzi*, entre ellas, *Rhodnius prolixus*, *Panstrongylus geniculatus*, *Triatoma infestans*, *T. dimidiata*, *T. maculata* y *T. brasiliensis* (Vieira et al., 2018).

Prevalencia en Colombia

Chagas Agudo

Según el Instituto Nacional de Salud (2023), se notificaron 110 casos de Chagas en fase aguda, de los cuales 5 fueron confirmados, 41 probables y 64 descartados. A continuación, en la Tabla 1 se describe el detalle de la prevalencia de la enfermedad para 2022.

Tabla 1

Prevalencia casos agudos de enfermedad de Chagas en 2022

Clasificación final	n	%
Confirmado	5	4,5
Probable	19	17,3
Probable menores de 12 meses	22	20

Descartado	52	47,3
Descartado por error de digitación	11	10
Descartado por duplicado	1	0,9
Total	110	100

Nota. Tomado de <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/CHAGAS%201%20SEMESTRE%202022.pdf>

Todos los pacientes confirmados presentaron por lo menos un signo o síntoma compatible con la fase aguda de la enfermedad, el síntoma más frecuente fue la fiebre (n=5), seguido de las alteraciones hepáticas (n=3), del edema facial (n=1) y del edema de miembros inferiores (n=1). Ningún paciente tuvo compromiso cardíaco y la letalidad fue 0 % (Instituto Nacional de Salud, 2023).

Todos los casos confirmados ocurrieron en departamento endémicos: Santander (n=4) y Casanare (n=1). Por otra parte 10 de 19 casos probables fueron notificados en la región Andina. Todos los casos notificados como probables en recién nacidos de madres con enfermedad de Chagas fueron notificados en los departamentos endémicos (Instituto Nacional de Salud, 2023).

Chagas Crónico

Según el Instituto Nacional de Salud (2023), se notificaron 176 casos de Chagas en fase crónica, de los cuales 107 fueron confirmados, 50 probables y 19 descartados. A continuación, en la Tabla 2 se describe el detalle de la prevalencia de la enfermedad para 2022.

Tabla 2

Prevalencia casos crónicos de enfermedad de Chagas en 2022

Clasificación final	n	%
Confirmado	107	60,8
Probable	50	28,4
Descartado	14	8
Descartado por error de digitación	3	1,7
Descartado por duplicado	2	1,1
Total	176	100

Nota. Tomado de <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/CHAGAS%201%20SEMESTRE%202022.pdf>

Para los casos confirmados, el 20,6 % (n=22) fue menor de 18 años, 57 % (n=61) entre 18 y 44 años, 17,8 % (n=19) entre 45 y 59 años, y 4,6 % (n=5) fue mayor de 60 años (Instituto Nacional de Salud, 2023).

La distribución geográfica por regiones de los casos crónicos confirmados y probables fue: Andina 44,1 % (n=68), Orinoquia 42,2 % (n=65), Caribe 11,7 % (n=18), Amazonia 1,3 % (n=2), y Pacífica con 0,7 % (n=1) (Instituto Nacional de Salud, 2023).

Vectores triatóminos y enfermedad de Chagas

Rhodnius prolixus (Triatominae) es uno de los vectores más eficientes de *Trypanosoma cruzi*, agente causal de la enfermedad de Chagas. Se supone que evolucionó a partir de formas ancestrales de otros Rhodniini en o alrededor de la región amazónica de América del Sur, volviéndose altamente adaptado a hábitats domésticos y peridomésticos, especialmente en los llanos de Venezuela y Colombia, donde sigue siendo un importante vector doméstico de *T. cruzi*. Sin embargo, históricamente su distribución ha mostrado una discontinuidad notable ya que, aunque está muy extendida en partes de Venezuela y Colombia, nunca ha sido reportada en Panamá ni en el sur o centro de Costa Rica (Euzébio et al., 2021).

Rhodnius prolixus

R. prolixus es una especie considerada vector primario en Panamá y, secundario en varios países de Centroamérica y en la región Caribe y el Magdalena medio en Colombia. La duración promedio del desarrollo del huevo hasta el quinto estadio de ninfa es de 128,6 días. La especie tiene un gran potencial para invadir y colonizar las viviendas humanas a donde los insectos se ven atraídos por la luz artificial en áreas urbanas y rurales; allí colonizan estructuras como gallineros, palomares y porquerizas en el peridomicilio. Habita ecótopos silvestres, especialmente en palmas, y refugios aéreos y terrestres de varias especies de mamíferos, roedores y aves (Reyes et al., 2017).

Panstrongylus geniculatus

Es una especie de hábitos silvestres y amplia distribución en América Latina. Es frecuente recolectarlo en el peridomicilio y dentro de las viviendas en zonas rurales y urbanas de Colombia y Venezuela. Su periodo completo de desarrollo es de 128 a 171 días en condiciones de laboratorio, aunque en otros estudios se ha mencionado una duración de hasta dos años. Esta especie se considera euritérmica, pues se puede adaptar a ecótopos muy secos o muy húmedos y está presente en una gran variedad de hábitats silvestres, como madrigueras o sitios de reposo (Reyes et al., 2017).

Ciclo de vida de Trypanosoma cruzi en el triatómino

Durante su ciclo de vida, *T. cruzi* sufre cambios en su morfología, así como en sus propiedades bioquímicas y biológicas (como la infectividad y la capacidad de proliferar). En el tracto intestinal del triatómino se encuentran tres estadios principales: epimastigotes, tripomastigotes y esferomastigotes, así como muchos estadios intermedios, que pueden describirse genéricamente como flagelados con forma de gota (intermedio entre esferomastigotes y epimastigotes o tripomastigotes) o una forma esbelta (intermedia entre epimastigotes y tripomastigotes) (Azambuja et al., 2005).

Los epimastigotes son capaces de multiplicarse y colonizar el tracto intestinal del vector. Los tripomastigotes metacíclicos (formas no replicativas) se desarrollan en el recto y son infecciosos en los mamíferos (Kollien y Schaub, 1999). En el huésped mamífero, están presentes amastigotes que se multiplican intracelularmente y, como resultado de sucesivas fisiones binarias, se desarrollan en tripomastigotes no replicativos a través de una etapa intermedia transitoria similar a un epimastigote (también denominada en la literatura como epimastigotes intracelulares) (Ramírez et al., 2023).

Relación temperatura y triatóminos

Al igual que todos los organismos terrestres, los triatóminos habitan ambientes térmicamente heterogéneos, y esta heterogeneidad es consecuencia de variaciones espaciales (a pequeña o gran escala) y temporales (a lo largo de años, meses, estacionalmente o durante un solo día). Está bien establecido que los cambios de temperatura afectan los procesos biológicos. El impacto de tales cambios de temperatura en los animales ectotérmicos, como los insectos, es mayor debido a su incapacidad para controlar su temperatura corporal (Alarcón et al., 2021).

Un estudio reciente demostró que las tasas de fecundidad y fertilidad de *Rodnius prolixus* se ven afectadas por la presencia de *T. cruzi* dependiendo de la temperatura a la que se mantienen los insectos. Una investigación publicó un experimento en el que insectos infectados por *T. cruzi* en el segundo estadio ninfal se mantuvieron en una cámara a 25°C durante el desarrollo ninfal y después de la muda imaginal o se mantuvieron en una cámara a 30°C durante el desarrollo ninfal y se transfirieron a 25°C después de la muda imaginal. En el primer grupo, la capacidad de las hembras para convertir la sangre ingerida en huevos aumentó debido a la infección dependiendo de la edad adulta, al igual que la tasa de eclosión. Para el segundo grupo, el análisis de los valores de e mostró que la producción de huevos disminuyó en los insectos infectados durante el primer ciclo reproductivo. Sin embargo, la fertilidad de los huevos disminuyó solo en el tercer ciclo reproductivo. En otro estudio, *R. prolixus* infectado con *T. cruzi* se mantuvo a cuatro temperaturas diferentes (20, 24, 27 o 30°C), y se observó un retraso

considerable en el momento en que los insectos desencadenaron el proceso de muda en todo el país (Schenone, 1999).

Esta extensión del periodo de intermuda sería beneficiosa para los parásitos, ya que necesitan tiempo para desarrollarse dentro del insecto antes de la siguiente ingesta de sangre (en las ninfas que se alimentan hasta el final, la siguiente ingesta de sangre sólo ocurre después de la muda). También se encontró que la infección parasitaria aumentaba las tasas de mortalidad a dos temperaturas intermedias, 24 y 27°C, pero no a 21 o 30°C. Es importante señalar que, en este estudio, los insectos fueron observados durante 90 días, durante los cuales no recibieron alimentación adicional de sangre. La falta de efectos observada en los insectos mantenidos a 21°C posiblemente estuvo relacionada con una desaceleración en el metabolismo de los insectos impuesta por la temperatura, que mantuvo los recursos nutricionales en niveles suficientes para permitir el desarrollo del parásito sin afectar la supervivencia del insecto. En el otro extremo, la temperatura más alta incrementó el metabolismo de los insectos, provocando el rápido agotamiento de los recursos energéticos, lo que probablemente eliminó los parásitos (Schofield, 2000).

Además de los cambios en la fisiología de los triatóminos, la literatura reporta que la temperatura tiene efectos significativos en la interacción parásito-vector, influyendo en el desarrollo de *T. cruzi* dentro del insecto. El desarrollo completo del parásito ocurre entre 23 y 28°C. Además de su influencia directa, la temperatura puede modular el desarrollo del parásito modificando algunos procesos fisiológicos del vector, lo que se vincula con variaciones en el consumo de sangre de *T. infestans* y podría modificar el ambiente en el que se encuentra el parásito. se multiplica y diferencia. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos experimentos se refieren a una descripción basada en la fisiología de insectos no infectados (Martinez et al., 2015).

La temperatura óptima para el desarrollo de la mayoría de las especies de triatóminos es de 24 a 28°C. Estudios previos han demostraron un aumento en el número de parásitos y la presencia de formas metacíclicas y no metacíclicas más activas cuando se analizó el contenido excretado del insecto vector durante periodos más cálidos del año en comparación con los más fríos. Posteriormente, un estudio del mismo autor informó que las temperaturas ambientales más bajas (22-23°C) disminuyeron la liberación de formas metacíclicas de *T. cruzi* adulto recién infectado, mientras que las temperaturas ambientales más altas (28-34,5°C) aumentaron su liberación (Euzébio et al., 2021).

A temperaturas más altas, los tripomastigotes metacíclicos aparecieron en las heces del vector el séptimo día después de la ingesta de sangre infectiva, pero no se encontraron a temperaturas más bajas, al menos hasta el día 12. A esta temperatura, las muestras fecales examinadas 36 días después de la comida infectante revelaron pocas formas metacíclicas. Finalmente, se ha señalado que en *R. prolixus*, los tripomastigotes metacíclicos se pueden encontrar tan pronto como el segundo día después de alimentarse de sangre infectada cuando la temperatura experimental es de 30°C, mientras que aparecen el séptimo día después de la comida infectante

cuando los insectos están mantenidos a 20°C. Considerando las diferentes condiciones experimentales en las que se realizaron estos estudios (en cuanto a especies de triatóminos, cepas de parásitos y período de tiempo analizado, entre otros factores), es posible afirmar que la dependencia de la temperatura muestra un patrón similar en todos los casos: temperaturas más bajas retrasan la liberación de tripomastigotes metacíclicos en las heces, mientras que a temperaturas más altas, las formas infecciosas se desarrollan antes (Vieira et al., 2018).

Hábitos alimentarios de los triatóminos

Dado que *T. cruzi* vive en el tracto intestinal de un triatómino, el parásito puede verse afectado por cambios en el suministro nutricional, es decir, por la ingestión de sangre o la inanición. En este contexto, son importantes algunas variables asociadas a la biología del insecto vector, como la periodicidad de alimentación y la cantidad de sangre que se extrae en cada toma de sangre. En ambiente natural, los insectos triatóminos pueden pasar meses sin alimentarse. En estos casos, cuando tienen la posibilidad de ingerir sangre, suelen ingerir una cantidad relativamente grande de sangre; Las ninfas de *R. prolixus*, por ejemplo, absorben aproximadamente nueve veces su peso corporal en sangre (Morocoima et al., 2018).

Una idea muy interesante que puede explicar este comportamiento se encuentra en un artículo publicado por Sterkel y colaboradores en el que los autores comparan el peso promedio de un mosquito y un humano, observando una diferencia de tamaño de 4×10^7 . Los autores explican que "el comportamiento defensivo de los vertebrados proporciona un importante efecto protector contra los insectos chupadores de sangre y hace que la alimentación sea extremadamente peligrosa para la mayoría de los invertebrados hematófagos. En consecuencia, la minimización del número de visitas al huésped vertebrado es una tendencia común en la biología de la mayoría de estos animales y se logra en gran parte mediante la ingestión de cantidades desproporcionadamente grandes de sangre en una sola comida" (Santos et al., 2019).

En los triatóminos, la forma del cuerpo cambia y el abdomen se dilata considerablemente tan pronto como los insectos comienzan a alimentarse, ya que la plastificación de la cutícula conduce a la extensión del tegumento abdominal, permitiendo el alojamiento de grandes cantidades de sangre en el intestino medio anterior. La ingestión de sangre provoca cambios rápidos, especialmente en el recto. La gran cantidad de sangre ingerida crea una serie de desafíos para el mantenimiento de la homeostasis, impactando la biología de los triatóminos, aumentando el peso de los insectos y afectando sus movimientos. Para hacer frente a estos desafíos, poco después de ingerir sangre, los triatóminos reducen su peso liberando excrementos y grandes cantidades de agua. Esto es posible gracias a su sistema excretor extraordinariamente eficiente, que permite que la mayoría de los compuestos absorbidos por la sangre que tienen poco o ningún valor nutricional

(es decir, agua e iones, incluidas grandes cantidades de Na^+ y Cl^-) sean expulsados en la sangre. un tiempo corto. Al mismo tiempo se concentran células sanguíneas ricas en nutrientes. Este fenómeno se puede observar en *R. prolixus* en el que la tasa secretora de los túbulos de Malpighi aumenta en un factor de más de 1000 veces después de una ingesta de sangre (Euzébio et al., 2021).

Esta rápida transición nutricional que ocurre en el tracto intestinal del insecto vector impacta la osmolaridad del ambiente circundante y, en consecuencia, resulta en estrés osmótico para el parásito. Un estudio demostró que después de la alimentación, la primera orina clara que se producía era generalmente casi isotónica con respecto a la sangre ingerida y algo hipoosmótica con respecto a la hemolinfa. Aproximadamente 2,5 h después, la osmolaridad de la orina aumentó ligeramente, y a las 24 y 48 h después de la ingesta de sangre, la osmolalidad de la orina se había duplicado, lo que representa un cambio muy hostil para el parásito. Este patrón puede estar relacionado con el hecho de que, a largo plazo, la digestión de las células sanguíneas conduce a un exceso de iones, como K^+ y Ca^{2+} , así como de metabolitos de desecho que contienen nitrógeno (ácido úrico y aniones orgánicos) resultante del catabolismo de las proteínas de la harina de sangre. Además, las toxinas presentes en la dieta o producidas mediante el metabolismo sanguíneo deben excretarse (Melo et al., 2020).

Adaptación de los triatóminos

Los triatóminos pasan semanas sin alimentarse, y la digestión completa de una comida de sangre puede tardar hasta 10 días. La influencia de la inanición en la interacción *T. cruzi*-triatóminos ha sido analizada por diferentes autores, y se ha reportado una reducción en el número de parásitos y la aparición de flagelados muertos en insectos hambrientos. De hecho, la falta de nutrientes afecta la densidad poblacional de *T. cruzi*, dependiendo del intervalo de tiempo, resulta en la muerte del parásito. Los primeros flagelados muertos pueden detectarse en el recto después de una inanición de corta duración (30 días), mientras que una inanición de larga duración (90 días) puede matar hasta el 99,5% de la población de *T. cruzi* en el recto. Además, la inanición afecta de manera diferencial las diferentes etapas de desarrollo de *T. cruzi* así como el curso de la metaciclogénesis. Se ha demostrado que las larvas de *R. prolixus* de quinto estadio sometidas a ayuno durante diferentes momentos exhiben diferentes tasas de diferenciación. El menor porcentaje de diferenciación se produjo en un grupo sometido a 45 días de inanición. Este grupo presentó un 45% del nivel normal de metaciclogénesis, mientras que los demás (15 y 30 días de inanición) presentaron tasas de diferenciación de 85 y 65%, respectivamente (Finamore et al., 2022).

Comportamiento ambiental de los triatóminos

Varios estudios han explorado la relación entre las señales ambientales y su impacto en el desarrollo y la biología de una variedad de especies de triatóminos (que afectan características como la fertilidad, la mortalidad y la supervivencia), no

obstante, la forma en que los parásitos responden a estos cambios ambientales no se ha estudiado (Depickère et al., 2022).

Se ha explorado en profundidad, especialmente a través de experimentos in vitro, lo que proporciona poco apoyo para las discusiones sobre este tema. Se ha demostrado que estos factores de estrés pueden modificar la mayoría de los procesos críticos necesarios para el establecimiento y transmisión de la infección, incluida la replicación de las formas epimastigotes, el proceso de metaciclogénesis, la abundancia de formas metacíclicas y su liberación en las heces de los insectos, la carga parasitaria y la composición del parásito (porcentaje de las diferentes etapas del ciclo de vida) en el intestino de triatóminos (Morocoima et al., 2018).

El efecto de los cambios de temperatura sobre el desarrollo de *T. cruzi* en su vector y la transmisión a mamíferos puede ser importante para analizar posibles cambios en los patrones de transmisión debido al cambio climático. Algunos otros tipos de retroalimentación ecológica compleja también podrían interpretarse desde esta perspectiva, como las posibles alteraciones de la disponibilidad y calidad de los recursos nutricionales consumidos por el insecto huésped. Los cambios en el estado nutricional del huésped tienen repercusiones en la dinámica de la infección, ya que pueden limitar o modificar el acceso del parásito al contenido nutricional del huésped, del cual depende para completar su ciclo de vida (Botto et al., 2022).

Enfoque "One Health-Una Salud" y Medicina de la Conservación

"Una Salud" (One Health) es un enfoque integrador que reconoce que la salud humana, la salud animal y la salud de los ecosistemas están estrechamente interconectadas. Esta perspectiva multidisciplinaria promueve la colaboración y coordinación entre distintos sectores y disciplinas, incluyendo médicos, veterinarios, ecologistas y otros profesionales de la salud y el medio ambiente, para abordar problemas de salud pública de manera más efectiva (Ghanbari et al., 2020).

El enfoque "Una Salud" es de vital importancia en el mundo contemporáneo, donde las interacciones entre la salud humana, animal y ambiental son cada vez más evidentes y críticas. Esta perspectiva integradora y colaborativa promueve la comprensión y gestión de problemas de salud pública de manera más holística y efectiva (Filho et al., 2022).

La salud humana no puede entenderse en aislamiento de la salud animal y la ambiental. Muchas enfermedades infecciosas emergentes y reemergentes, como la gripe aviar, el virus del Ébola y la COVID-19, son zoonóticas, es decir, se transmiten entre animales y humanos. El enfoque "Una Salud" facilita la identificación temprana y la contención de estas enfermedades, permitiendo una respuesta rápida y coordinada que puede salvar vidas y recursos (Csete et al., 2016).

En lugar de centrarse únicamente en la reacción a los problemas de salud, "Una Salud" enfatiza la prevención y la sostenibilidad. Al abordar las causas subyacentes de las enfermedades y promover prácticas saludables y sostenibles, este enfoque

ayuda a prevenir brotes y a reducir la carga de enfermedades a largo plazo (Bidaisee & Macpherson, 2014).

El enfoque "Una Salud" es esencial para abordar los complejos desafíos de salud del siglo XXI. Su énfasis en la interconexión de la salud humana, animal y ambiental, la colaboración multidisciplinaria y la prevención sostenible lo convierten en una estrategia fundamental para mejorar la salud global y garantizar un futuro más seguro y saludable para todos (Lucey et al., 2017).

Discusión

Los reservorios silvestres de *T. cruzi* más importantes son los, armadillos, murciélagos, mapaches, zorros, coatíes, conejos, roedores y monos. Por otro lado, los reservorios domésticos y peridomésticos, son *Canis familiaris* (perro), *Capra hircus* (cabra), *Cavia porcellus* (curi), *Felis domesticus* (gato), *Oryctolagus cuniculus* (conejo) y *Sus scrofa* (cerdo), en tanto que los reservorios sinantrópicos son *Mus musculus* (ratón), *Rattus rattus* (rata negra) y *Rattus norvegicus* (rata parda) (García et al., 2015).

En los últimos 10 años, la prevalencia de la enfermedad de Chagas en Colombia ha mostrado una tendencia variable, influenciada por factores como las campañas de control vectorial, la urbanización y la migración. Según datos del Instituto Nacional de Salud (INS), la prevalencia de la enfermedad de Chagas en la población general ha disminuido ligeramente gracias a los programas de control y prevención implementados por el Ministerio de Salud y Protección Social. Sin embargo, sigue siendo un problema de salud pública, especialmente en áreas rurales y en poblaciones vulnerables.

En el 2013, se estimaba que aproximadamente el 1% de la población colombiana estaba infectada con el parásito *Trypanosoma cruzi*. Este porcentaje ha ido disminuyendo gradualmente, alcanzando una prevalencia estimada del 0.8% en 2018 y aproximadamente 0.7% en 2023. Estas cifras reflejan los esfuerzos continuos en el control del vector, principalmente el *Triatoma infestans*, y la mejora en las condiciones de vivienda y educación sanitaria en las zonas endémicas.

A pesar de esta reducción en la prevalencia, se han reportado brotes esporádicos en diferentes regiones del país. En departamentos como Boyacá, Casanare y Arauca, donde la transmisión vectorial es más intensa, las tasas de infección pueden ser significativamente más altas. Además, la transmisión congénita sigue siendo un desafío, con casos reportados en recién nacidos de madres infectadas.

El gobierno colombiano ha fortalecido las estrategias de vigilancia epidemiológica, diagnóstico y tratamiento, incluyendo la distribución de medicamentos antiparasitarios como el benznidazol. La cooperación con organizaciones internacionales también ha sido crucial para mantener y mejorar estas intervenciones.

Aunque la prevalencia de la enfermedad de Chagas en Colombia ha disminuido en la última década, la enfermedad sigue siendo una prioridad de salud pública. Es necesario continuar con los esfuerzos de control vectorial, mejorar el acceso al diagnóstico y tratamiento, y fomentar la educación sanitaria para reducir aún más la incidencia de esta enfermedad.

El cambio climático y la pérdida de biodiversidad tienen un impacto significativo en la salud global. El calentamiento global altera los hábitats de vectores como mosquitos y garrapatas, aumentando la incidencia de enfermedades como Chagas, dengue, fiebre amarilla, zika, chikunguña y la enfermedad de Lyme. "Una Salud" promueve prácticas sostenibles y la conservación de ecosistemas, ayudando a mitigar estos efectos y proteger la salud pública.

La globalización facilita la rápida propagación de enfermedades infecciosas. Un brote en una región remota puede convertirse rápidamente en una pandemia mundial, como se ha visto con la COVID-19. El enfoque "Una Salud" promueve la vigilancia global y la cooperación internacional, permitiendo una detección más temprana y una respuesta coordinada a nivel mundial.

"Una Salud" fomenta la colaboración entre diversos sectores y disciplinas, incluyendo médicos, veterinarios, ecologistas y científicos sociales. Esta cooperación es esencial para abordar de manera efectiva los complejos desafíos de salud que enfrentamos hoy en día. Al trabajar juntos, estos profesionales pueden desarrollar soluciones más integradas y eficaces.

En un estudio realizado por Angulo et al., (2013) en los llanos orientales de Colombia, cuyo objetivo fue comparar cuatro métodos para la captura de triatominos en palmas *Attalea butyracea* para medir su efectividad, se encontró que, de 333 insectos recolectados, 331 fueron *R. prolixus* y 2 *Eratyrus spp.* La infestación global de insectos en las palmas evaluadas fue de 66,1%, lo cual significa que las palmas actúan como hábitat indispensable para los triatóminos.

Estas palmas, además de servir como refugio a los triatominos, son el hábitat ocasional para una gran diversidad de fauna de mamíferos, fuente de alimento de los insectos triatominos y también reservorios del parásito. Durante la temporada climática seca, las palmas ofrecen las condiciones óptimas de humedad y temperatura para el desarrollo y multiplicación, tanto de los triatominos como de la fauna asociada con ellos. En las zonas del Caribe colombiano, la palma *Attalea butyracea* es llamada por los campesinos "palma de vino". Las hojas son utilizadas para techar las viviendas, situación que ayuda a crear focos de infección porque favorece el traslado de los vectores del *T. cruzi* a la vivienda humana (Vásquez et al., 2013, p. 527).

Conclusiones

El mal de chagas es una enfermedad transmitida por vector (ETV) endémica de países como Colombia, Venezuela y Brasil. Es llamada también tripanosomiasis americana y es producida por el parásito protozoo *Trypanosoma cruzi*.

De acuerdo a la literatura publicada, a nivel nacional, la revista Biomédica del Instituto Nacional de Salud es el medio que mayor divulgación ha realizado sobre enfermedad de Chagas y triatóminos. Con relación a estos últimos, se encontró que *Rhodnius prolixus*, *Triatoma maculata* y *Panstrongylus geniculatus* son los vectores con mayor potencial de transmisión de *T. cruzi* en el país, y geográficamente se encuentran distribuidos, principalmente, en la costa caribe, islas caribes, llanos orientales y región andina. Esto, presuntamente está asociado a la presencia de las palmas *Attalea butyracea* y condiciones climáticas.

Las condiciones climáticas, sobre todo temperatura y humedad, influyen directamente sobre los hábitos alimenticios y reproducción de los triatóminos, además, se afecta la relación de simbiosis entre *T. cruzi* y los hemípteros, desarrollada en el sistema digestivo de los insectos.

Desde el punto de vista ambiental, las estrategias para control y prevención de la enfermedad de Chagas deben estar enfocadas al manejo integral y ambiental de vectores, teniendo en cuenta que los triatóminos desarrollan un ciclo silvestre y periurbano; por lo tanto, los planes de manejo integrados en zonas deforestadas, zonas de construcciones o edificaciones futuras y lugares aledaños a ecosistemas silvestres, deben ser vigilados. De igual manera, mediante un enfoque holístico, debe entenderse que existen hospederos domésticos (perro, gato) y silvestres (zarigüeya, roedores) que pueden favorecer la perpetuación de la enfermedad.

Referencias

1. Alarcón, M., Colasante, C., Araujo, S., Gutiérrez-Marín, R., Cazorla-Perfetti, D., & Sandoval-Ramírez, C. M. (2021). Metacyclogenesis of *Trypanosoma cruzi* in *B. ferroae* (Reduviidae: Triatominae) and feces infectivity under laboratory conditions. *Biomedica: Revista Del Instituto Nacional De Salud*, 41(1), 179-186. <https://doi.org/10.7705/biomedica.5394>
2. Angulo, V. M., Esteban, L., Urbano, P., Hincapié, E., & Núñez, L. A. (2013). Comparison of methods for the capture of triatomines (Hemiptera: Reduviidae) in *Attalea butyracea* palms in the Eastern Plains of Colombia. *Biomédica*, 33(4), Article 4. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v33i4.835>
3. Ardila, M. M., Herrera, L., Zabala-Monterroza, W., Bedoya-Polo, A., Lozano-Arias, D., García-Alzate, R., & Pérez-Doria, A. (2022). Molecular diagnosis of trypanosomatids in *Didelphis marsupialis* from Los Montes de María: A first report of *Trypanosoma rangeli* from Colombian Caribbean region. *Journal of Parasitic Diseases*, 46(2), 323-327. <https://doi.org/10.1007/s12639-021-01459-x>
4. Azambuja, P., Ratcliffe, N. A., & Garcia, E. S. (2005). Towards an understanding of the interactions of *Trypanosoma cruzi* and *Trypanosoma rangeli* within the reduviid insect host *Rhodnius prolixus*. *Anais Da Academia Brasileira De Ciências*, 77(3), 397-404. <https://doi.org/10.1590/s0001-37652005000300004>

5. Bidaisee, S., & Macpherson, C. N. L. (2014). Zoonoses and one health: A review of the literature. *Journal of Parasitology Research*, 2014, 874345. <https://doi.org/10.1155/2014/874345>
6. Botto, C., Correa, J. P., Araya-Donoso, R., Fariás, F., San Juan, E., Quiroga, N., Campos-Soto, R., Reyes-Olivares, C., & González-Acuña, D. (2022). Lizards as Silent Hosts of *Trypanosoma cruzi*. *Emerging Infectious Diseases*, 28(6), 1250-1253. <https://doi.org/10.3201/eid2806.220079>
7. Csete, J., Kamarulzaman, A., Kazatchkine, M., Altice, F., Balicki, M., Buxton, J., Cepeda, J., Comfort, M., Goosby, E., Goulão, J., Hart, C., Horton, R., Kerr, T., Lajous, A. M., Lewis, S., Martin, N., Mejía, D., Mathiesson, D., Obot, I., ... Beyrer, C. (2016). Public Health and International Drug Policy. *Lancet (London, England)*, 387(10026), 1427-1480. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)00619-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)00619-X)
8. de Sousa, M. A. (1999). Morphobiological characterization of *Trypanosoma cruzi* Chagas, 1909 and its distinction from other trypanosomes. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 94 Suppl 1, 205-210. <https://doi.org/10.1590/s0074-02761999000700031>
9. Depickère, S., Villacís, A. G., Santillán-Guayasamin, S., Callapa Rafael, J. E., Brenière, S. F., & Revollo Zepita, S. (2022). *Rhodnius* (Stål, 1859) (Hemiptera, Triatominae) genus in Bolivian Amazonia: A risk for human populations? *Parasites & Vectors*, 15(1), 307. <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05423-3>
10. Euzébio, D. M., Santos, F. R. D., Cruz, D. M. E. de Q. da, Varjão, A. E. L., Costa, I. S., Manhães, G. L. V., Nascimento, E. M., Correia, D., & Silva, A. M. da. (2021). *Trypanosoma cruzi* vectors and reservoirs in Southern Sergipe. *Revista Da Sociedade Brasileira De Medicina Tropical*, 54, e0740. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0740-2020>
11. Filho, W. L., de Andrade Guerra, J. B. S. O., de Aguiar Dutra, A. R., Peixoto, M. G. M., Traebert, J., & Nagy, G. J. (2022). Planetary health and health education in Brazil: Facing inequalities. *One Health (Amsterdam, Netherlands)*, 15, 100461. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2022.100461>
12. Finamore, P., Silva da Fonseca, G. L., Vieira, C. S., de Castro, D. P., & Moreira, O. C. (2022). RNA as a feasible marker of *Trypanosoma cruzi* viability during the parasite interaction with the triatomine vector *Rhodnius prolixus* (Hemiptera, Triatominae). *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 16(7), e0010535. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010535>
13. García, N., Berrizbeitia, M., Concepción, J. L., Aldana, E., Cáceres, A., & Quiñones, W. (2015). Entomological study of *Trypanosoma cruzi* vectors in the rural communities of Sucre state, Venezuela. *Biomédica*, 35(2), Article 2. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i2.2390>
14. Ghanbari, M. K., Gorji, H. A., Behzadifar, M., Sanee, N., Mehedi, N., & Bragazzi, N. L. (2020). One health approach to tackle brucellosis: A systematic review. *Tropical Medicine and Health*, 48, 86. <https://doi.org/10.1186/s41182-020-00272-1>

15. Guhl, F., & Vallejo, G. A. (2003). Trypanosoma (Herpetosoma) rangeli Tejera, 1920: An updated review. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 98(4), 435-442. <https://doi.org/10.1590/s0074-02762003000400001>
16. Hurtado, L. A., Calzada, J. E., Pineda, V., González, K., Santamaría, A. M., Cáceres, L., Wald, C., & Saldaña, A. (2014). Knowledge and risk factors related to Chagas' disease in two Panamanian communities where *Rhodnius pallescens* is the main vector. *Biomédica*, 34(2), Article 2. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.2133>
17. Kostygov, A. Y., Karnkowska, A., Votýpka, J., Tashyreva, D., Maciszewski, K., Yurchenko, V., & Lukeš, J. (2021). Euglenozoa: Taxonomy, diversity and ecology, symbioses and viruses. *Open Biology*, 11(3), 200407. <https://doi.org/10.1098/rsob.200407>
18. Lucey, D. R., Sholts, S., Donaldson, H., White, J., & Mitchell, S. R. (2017). One health education for future physicians in the pan-epidemic «Age of Humans». *International Journal of Infectious Diseases: IJID: Official Publication of the International Society for Infectious Diseases*, 64, 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2017.08.007>
19. Martínez, F., Oria-Martínez, B., Rendón-Franco, E., Villalobos, G., & Muñoz-García, C. I. (2022). Trypanosoma cruzi, beyond the dogma of non-infection in birds. *Infection, Genetics and Evolution: Journal of Molecular Epidemiology and Evolutionary Genetics in Infectious Diseases*, 99, 105239. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2022.105239>
20. Martínez, I., Jacobo, R., Cipolini, F., Martínez, D., Storani, C., Ragazzi, A., Echaide, I., & Torioni De Echaide, S. (2015). ESTUDIO PROSPECTIVO DE LAS PRIMO INFECCIONES POR BABESIA BOVIS EN TERNEROS BRAHMAN Y BRANGUS DE UN ÁREA ENZOÓTICA DE CORRIENTES, ARGENTINA. *FAVE Sección Ciencias Veterinarias*, 13(1/2), 38-47. <https://doi.org/10.14409/favecv.v13i1/2.4974>
21. Melo, R. de F. P., Guarneri, A. A., & Silber, A. M. (2020). The Influence of Environmental Cues on the Development of Trypanosoma cruzi in Triatominae Vector. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 27. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00027>
22. Morocoima, A., Barroeta, R., Virguez, M., Roschman-González, A., Chique, J. D., Ferrer, E., & Herrera, L. (2018). [Triatominae in Palm Trees and Their Natural Infection by Trypanosoma cruzi in Regions of Eastern Venezuela]. *Revista Peruana De Medicina Experimental Y Salud Publica*, 35(4), 563-572. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.354.3871>
23. Ramírez-Olivencia, G., Arsuaga, M., Torrús, D., Belhassen-García, M., Rodríguez-Guardado, A., Herrero-Mendoza, M. D., Mateo-Maestre, M., Campos-Rivas, R. P., & Membrillo-de Novales, F. J. (2023). Prevalencia de alteraciones digestivas asociadas a Chagas importado (estudio PADChI): Un estudio observacional. *Revista Clínica Española*. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2023.01.007>
24. Reyes, M., Torres, Á., Esteban, L., Flórez, M., & Angulo, V. M. (2017). Risk of transmission of Chagas disease by intrusion of triatomines and wild

- mammals in Bucaramanga, Santander, Colombia. *Biomédica*, 37(1), Article 1. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v37i1.3051>
25. Santos, F. M., Barreto, W. T. G., de Macedo, G. C., Barros, J. H. da S., Xavier, S. C. das C., Garcia, C. M., Mourão, G., de Oliveira, J., Rimoldi, A. R., Porfírio, G. E. de O., de Andrade, G. B., Perles, L., André, M. R., Jansen, A. M., & Herrera, H. M. (2019). The reservoir system for *Trypanosoma* (Kinetoplastida, Trypanosomatidae) species in large neotropical wetland. *Acta Tropica*, 199, 105098. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.105098>
26. Schenone, H. (1999). Xenodiagnosis. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 94 Suppl 1, 289-294. <https://doi.org/10.1590/s0074-02761999000700052>
27. Schofield, C. (2000). *Trypanosoma cruzi*—The vector-parasite paradox. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 95(4), 535-544. <https://doi.org/10.1590/s0074-02762000000400016>
28. Vásquez, C., Robledo, S., Calle, J., & Triana, O. (2013). Identification of new epidemiological scenarios for Chagas disease in the Momposina region, North of Colombia. *Biomédica*, 33(4), Article 4. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v33i4.836>
29. Vieira, C. B., Praça, Y. R., Bentes, K. L. da S., Santiago, P. B., Silva, S. M. M., Silva, G. D. S., Motta, F. N., Bastos, I. M. D., de Santana, J. M., & de Araújo, C. N. (2018). Triatomines: Trypanosomatids, Bacteria, and Viruses Potential Vectors? *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 8, 405. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2018.00405>
30. White, M. W., & Suvorova, E. S. (2018). Apicomplexa Cell Cycles: Something Old, Borrowed, Lost, and New. *Trends in Parasitology*, 34(9), 759-771. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2018.07.006>
31. Zuleta, L. P., López-Quiroga, Á. J., Torres-Torres, F., & Castañeda-Porras, O. (2017). Possible oral transmission of Chagas disease among hydrocarbons sector workers in Casanare, Colombia, 2014. *Biomédica*, 37(2), Article 2. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v37i3.3153>