

# VIGILANCIA Y CONTROL EPIDEMIOLÓGICO INTELIGENTE DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS

(En aplicación en América Latina, con énfasis en Bolivia)

“CONTROL AND INTELLIGENT EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE OF CHAGAS”  
(In application in Latin America, with emphasis on Bolivia)

**Autora: Dra. Elba Viviana Yúgar Flores Ph.D./Posdoctor<sup>1</sup>**  
e-mail:actividadesacademicaseyf@gmail.com



## RESUMEN

En el presente trabajo investigativo científico se plantea como objetivo general “diseñar un modelo de control y vigilancia epidemiológica inteligente del Chagas (en aplicación en América Latina, con énfasis en Bolivia); acorde al avance de la tecnología digital, que dé respuesta a la problemática actual relacionada con la triada epidemiológica: agente etiológico, huésped y medio ambiente”.

Entre los objetivos específicos, con el primero se pretende conocer el proceso sistemático, ordenado y planificado de observación, medición y registro de variables respecto a la evolución o variación de la enfermedad de Chagas. Como segundo objetivo está establecer la magnitud y distribución en los espacios geográficos del vector, perdurabilidad de las estrategias de control de los insectos vectores domiciliarios, peri domiciliaria y silvestre, la población humana afectada y la relación del medio ambiente. Con el tercer objetivo se pretende conocer las nuevas herramientas y su implementación en la vigilancia como formas de prevención, que posibilitan la reacción frente a la presencia del agente etiológico, afectación del huésped y situación del medio ambiente. Una vez identificada y conocida la situación actual de la Enfermedad de Chagas como cuarto objetivo y de aporte de la tesis doctoral se pretende delinear un modelo de control y vigilancia epidemiológica inteligente, con manejo estructural de las tecnologías digitales, con las que se realice la descripción, análisis, evaluación e interpretación de la situación de la población humana, vectorial y del medio ambiente que mejore la problemática actual. Los Tipos de Investigación a aplicar, según la profundidad del conocimiento son: exploratoria, descriptiva; según el diseño: documental y de análisis; y para desarrollar el modelo: de modelación teórica.

**Palabras clave:** Control, vigilancia epidemiológica, Chagas, agente etiológico, huésped, medio ambiente, tecnología digital, modelo inteligente, Bolivia.

## ABSTRACT

In the present scientific research work, the general objective is to design a model of control and intelligent epidemiological surveillance of Chagas; according to the progress of digital technology, which responds to the current problems related to the epidemiological triad: etiological agent, host and environment.

---

<sup>1</sup> Dra. Elba Viviana Yúgar Flores, Ph.D.; Post-doctor / Doctoral Program in Pharmacy, TECANA AMERICAN UNIVERSITY (TAU), of the USA

Among the specific objectives, the first one aims to know the systematic, ordered and planned process of observation, measurement and registration of variables regarding the evolution or variation of Chagas disease. The second objective is to establish the magnitude and distribution in the geographical spaces of the vector, the durability of control strategies for household, peridomiciliary and wild vector insects, the human population affected and the relationship of the environment. With the third objective is to learn about the new tools and their implementation in surveillance as forms of prevention, which enable the reaction to the presence of the etiological agent, host involvement and environmental situation. Once identified and known the current situation of Chagas Disease as the fourth objective and contribution of the doctoral thesis is intended to delineate a model of control and intelligent epidemiological surveillance, with structural management of digital technologies, with which the description is made analysis evaluation and interpretation of the situation of the human, vector and environmental population that improves the current problem. The types of research to apply, according to the depth of knowledge are: exploratory, descriptive; according to the design: documentary and analysis; and to develop the model: theoretical modeling.

**Key words:** Control, epidemiological surveillance, Chagas, etiological agent, guest, environment, digital technology, intelligent model, Bolivia.

## INTRODUCCIÓN

La problemática vigente respecto a la enfermedad de Chagas y su afectación casi en un alto porcentaje mortal principalmente a la población humana, hace de las constantes investigaciones y aportes que con el transcurso del tiempo cada vez son crecientes. Sin embargo, a la fecha no existe una solución definitiva a esta problemática que se constituye en multicausal.

Varios han sido y son los intentos para lograr la cura, vigilancia, control, prevención y hasta la erradicación de la enfermedad de Chagas, principalmente en países de América Latina y por la presencia en otros continentes considerada como una enfermedad de expansión global; hasta ahora sin éxito total.

Desde su descubrimiento ya pasaron más de 100 años y la problemática persiste por como se dijo que es una enfermedad que en su mayoría afecta a la población desposeída a la cual no se le ha prestado la mayor atención de tipo político-económico, y la responsabilidad social tampoco ha sido de las mejores.

Los avances fueron prosperando con el propósito de lograr la cura en fase crónica y en otros intentos por lograr la prevención; pero a la fecha se sigue en la tentativa de lograr una vacuna con fines preventivos, como máximo de las soluciones.

Ante la aparición y puesta en uso de las máquinas como parte de la tecnología digital, consideradas como herramientas para el conocimiento, aprendizaje y su beneficio en la difusión de información; se ha aprovechado de las mismas para la puesta en conocimiento de métodos preventivos a ser aplicados en el control y vigilancia epidemiológica inteligente; en la actualidad aún hace falta especialmente el empoderamiento y participación fehaciente.

Los avances de la tecnología digital ha sido también mayor, quizá de forma más acelerada que la solución a la problemática del Chagas. Por ello, para mejorar la situación del Chagas, se han empezado a pensar en la aplicación de las mismas. En Argentina (Gorla D. y cols, 2005) en los programas de control vectorial tienen la oportunidad de utilizar las nuevas tecnologías informáticas vinculadas con el desarrollo de sistemas de información geográfica, la disponibilidad de información provista por sensores remotos a bordo de satélites de observación de la tierra y los

recientes avances en los métodos de epidemiología espacial. En Colombia (Parra-Henao G, 2010), también se han empezado a aplicar los sensores remotos y los sistemas de información geográfica para estudiar la distribución y predecir áreas de riesgo de presencia de insectos vectores de enfermedades; así mismo, como aliados para la focalización de acciones de prevención y control en diferentes especies vectores de enfermedades y los retos a futuro de su aplicación potencial en los programas oficiales de control de dichas enfermedades.

Los sensores remotos y sistemas de información georeferenciada, a los que en asociación con las tecnologías digitales estructuradas como el Big data, se consideran poderosas herramientas para estudiar la distribución actual y predecir áreas de riesgo de presencia de insectos vectores de enfermedades; como también, se constituyen en excelentes aliados para la focalización de acciones de prevención y control; además, de la obtención de información procesada para conocer las características, procedencia, el diagnóstico realizado, tratamiento de los enfermos con Chagas difundido a través de redes; son consideradas en la tesis doctoral, para el diseño de un modelo de vigilancia y control epidemiológico inteligente del mal de Chagas. Aunque el uso de estas herramientas en investigación de enfermedades transmitidas por vectores se ha incrementado en los últimos años, su aplicación en los programas oficiales de control ha sido limitada; las que son necesarias para dar solución a la problemática de la enfermedad.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### ENUNCIADO DEL PROBLEMA

El estudio, investigación, origen y relación con los hechos que se fueron suscitando en la salud humana con la enfermedad de Chagas, data desde el descubrimiento confirmado por Carlos Ribeiro Justiniano Chagas, quien describió en Brasil 1909 al agente causal (*Tripanosoma cruzi*), su posterior identificación del vector (los triatomíneos, portadores del parásito que transmiten la enfermedad), además de la sintomatología que el parásito causaba en la población humana (Sanmartino, 2009). Sin embargo, éstas investigaciones, aún no aportaban evidencias que confirmen la relación entre el parásito y las manifestaciones clínicas, ni demostraron que la enfermedad se encontraba ampliamente extendida por el territorio brasileño (Zabala, 2009).

Estudios paleoparasitológicos (Marin Neto, 2009) posteriores, indicaron la existencia de la enfermedad hace más de 2000 años, al haber realizado la identificación del ADN del parásito en momias precolombinas en Chile y Perú. En el período precolombino fue cuando se extendió la enfermedad por todo el continente, a través de focos de enzootia silvestre y algunos focos aislados del ciclo doméstico. El Chagas, aún en ésta época, 2018, es motivo de preocupación, porque según el Banco Mundial y la Organización Mundial de la Salud, se considera como la cuarta enfermedad infecciosa más importante después de la malaria, tuberculosis y esquistosomiasis.

Se estima que la enfermedad afecta alrededor de ocho millones de personas en el Hemisferio oeste y 36.800 casos ocurren cada año, distribuido principalmente en América Latina, 120 millones de personas están en riesgo de contraer la enfermedad. Altas prevalencias están reportadas en Bolivia (6.75–15.4 %), seguido de Paraguay (0.69–9.3 %) y Panamá (0.01–9.02 %) (Liu Q. and Zhou X, 2015). Sin embargo, el número total de casos en Brasil, México y Argentina altamente pobladas, juntos alcanzan un 60 % de toda la población infectada con *Tripanosoma*

*cruzi* en América Latina. En la pasada década, por efecto de los altos niveles de migración ocurrieron cambios epidemiológicos y la enfermedad está presente, en países no endémicos.

Datos Geoespaciales reportaron que desde 2002 a 2011, la enfermedad ya existe en Norteamérica, en Australia, Japón y algunos países europeos; por lo que la atención en la actualidad, es global. El Chagas es la tercera más común enfermedad parasitaria global después de la malaria y esquistosomiasis.

Al 2009 (Bern C), en Estados Unidos, se estima que alrededor de 300.000 personas tienen la enfermedad de Chagas; sobre la base de un cálculo conservador de la infección entre 30.000 a 40.000 personas no tienen diagnosticado la cardiomiopatía chagásica (Alarcon A, 2016); aproximadamente 65 a 315 niños nacen infectados cada año en Estados Unidos (Buekens P, et al 2008).

La globalización (Pinto y Rodrigues, 2013), hizo que los cambios epidemiológicos se tornen significativos en lo relacionado con la prevención y la perspectiva de gestión de la enfermedad de Chagas, por la migración constante.

La permanencia de la enfermedad, se produce mediante la participación de la triada mamíferos infectados naturalmente (entre ellos el ser humano), parásito (*Trypanosoma cruzi*) y vector (triatomíneos).

Se constituye en la importante causa de cardiopatías, megaesófago y megaformaciones intestinales (megacolon) entre los habitantes de México, Centroamérica y Sudamérica. El parásito puede infectar a una gran cantidad de mamíferos; siendo los casos clínicos principalmente registrados en los perros.

Con la migración de las poblaciones a lugares donde no está presente el vector, el parásito pasó a ser transmitido por transfusiones de sangre, configurándose actualmente un escenario de presencia mundial.

La migración, es cada vez mayor desde los países latinoamericanos a los Estados Unidos registrando un elevado número de personas migrantes indocumentadas; y en Europa, el país hacia donde mayor migración se registra es España.

La afectación de la población, en Bolivia (Noireau F., 1999), se estima que un 25% de las personas infectadas tendría lesiones cardíacas compatibles con la enfermedad y cerca de un sexto desórdenes gastrointestinales. Además, el 48% de los dadores de sangre presentan una serología positiva y cerca del 10% de los recién nacidos serían con bajo peso en zonas endémicas.

Por la preocupación existente manifiesta en las investigaciones, para efectos de realizar el control de la enfermedad de Chagas, se estableció la dinámica basada en el diagnóstico y el tratamiento de los enfermos, la lucha contra los vectores y la prevención de las vías de transmisión no vectoriales. Desde 1991 en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay (Figueroa, 2007), se emitió una resolución sobre el control de la enfermedad de Chagas, sobre la base de un programa para la eliminación de *Triatoma infestans* domiciliario y la interrupción de la transmisión de *Trypanosoma cruzi* por transfusión.

Los avances tecnológicos digitales, son los que abren la posibilidad de realizar una nueva forma en la época contemporánea, el control y vigilancia epidemiológica, basado en la aplicación de sensores y conformación de redes de comunicación dirigidos al seguimiento del agente etiológico, huésped y medio ambiente; que sumado a las prácticas realizadas desde épocas anteriores de tipo químico, físico y biológico, existiría la posibilidad de lograr alcances mayores en cuanto al conocimiento de las zonas de asentamiento geográfico de la población humana, zonas geográficas y condiciones del medio ambiente, zonas geográficas

constituidas por zonas boscosas o selváticas, presencia del vector transmisor de la enfermedad de Chagas, presencia de animales silvestres posibles de ser infectados, tipos de vectores con probabilidad de portar el parásito y constituirse en potenciales elementos de transmisión; conocimiento; diagnóstico y seguimiento del estado de salud de la población humana afectada por el mal de Chagas; seguimiento del tratamiento farmacológico en fase aguda; movilidad de las personas portadoras de la enfermedad; control y vigilancia de la aplicación química, física y biológica; conocimiento actualizado de la situación a través de datos estadísticos que permitan el intercambio de información mundial a través de las redes de internet.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Advertida la problemática que se va presentando respecto a la cadena epidemiológica de la que es parte la triada agente etiológico (parásito: *T. cruzi* y vector Triatomineos), huésped (mamíferos y accidentalmente el ser humano) y medio ambiente, se plantea como principal interrogante la siguiente:

¿Cuál el modelo de vigilancia y control epidemiológico que prevea la situación actual y que tenga como innovación la aplicación de la tecnología digital, para dar respuesta de mejora de la situación actual de la enfermedad de Chagas?

Como interrogantes secundarias planteadas en la presente investigación, están:

¿Qué tecnologías digitales serán posibles aplicar, que posibiliten el proceso sistemático, ordenado y planificado de observación, medición y registro de variables definidas; para realizar la descripción, análisis, evaluación e interpretación de la situación de la población humana, vectorial y del medio ambiente?

¿Cómo se describirá la evolución o variación probable de la enfermedad de Chagas, la magnitud y tendencias del problema de salud de la población boliviana, los espacios geográficos donde aún existe la presencia del vector, y establecer en qué medida favorece el medio ambiente?

¿Cuáles serán los impactos esperados de las situaciones a prever, que están relacionadas con anticiparse y tener capacidad de reacción frente a la presencia del agente etiológico, afectación del huésped y situación del medio ambiente?

¿Qué medidas acordes al avance de la tecnología y en función a la época, serán posibles de adoptar?

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un modelo de control y vigilancia epidemiológica inteligente del Chagas (En aplicación a América Latina, con énfasis a Bolivia); acorde al avance de la tecnología, que dé respuesta a la problemática actual relacionada con la triada epidemiológica agente etiológico, huésped y medio ambiente.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

-Conocer el proceso sistemático, ordenado y planificado de observación, medición y registro de variables respecto a la evolución o variación de la enfermedad de Chagas.

-Establecer la magnitud y distribución en los espacios geográficos del vector, perdurabilidad de las estrategias de control de los insectos vectores domiciliarios, peridomiciliarios y silvestres, la población humana afectada y la relación del medio ambiente.

-Evidenciar las nuevas herramientas y su implementación en la vigilancia como formas de prevención, que posibilitan la reacción frente a la presencia del agente etiológico, afectación del huésped y situación del medio ambiente.

-Delinear un modelo de control y vigilancia epidemiológica inteligente, con manejo estructural de las tecnologías digitales, con las que se realice la descripción, análisis, evaluación e interpretación de la situación de la población humana, vectorial y del medio ambiente que mejore la problemática actual.

## REVISIÓN TEÓRICA

### EVOLUCIÓN O VARIACIÓN DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS Y EL CONTEXTO BIOECOLÓGICO

La enfermedad de Chagas o tripanosomiasis americana según la OMS, es definida como una enfermedad parasitaria potencialmente mortal, causada por el parásito protozo *Trypanosoma cruzi* (*T.cruzi*), que se transmite a los seres humanos principalmente por las heces del insecto vector (*Triatoma infestans*, de mayor significancia como portador y transmisión del parásito), principalmente en América Latina.

La Tripanosomiasis americana, denominada así, porque originalmente estaba restringida a América Latina en zonas endémicas de 21 países, marcado fuertemente por la pobreza, migración y el debilitamiento progresivo del Estado; en la actualidad es considerada como una enfermedad global por el movimiento constante de la población a nivel mundial.

La enfermedad, actualmente ocupa el cuarto lugar en importancia como causa de discapacidad, después de las afecciones respiratorias, las diarreas y el VIH/SIDA, según la OMS. Considerada después del paludismo, como la enfermedad más grave e importante y representa un problema de salud de alcance en 17 países latinoamericanos, (Molina, I. 2016)

El mal de Chagas es una enfermedad que se transmite por triatomíneos hematófagos infectados con el parásito *Trypanosoma cruzi*, que infecta a mamíferos silvestres y domésticos, entre ellos animales de sangre caliente y ocasionalmente al hombre. El vector parasitado, en el momento cuando realiza la picadura, estimula el reflejo de defecación y el vector evaca en el sitio de la picadura el parásito lo que permite la penetración mediante la piel o mucosa ocular, conocida como forma vectorial transcutánea.

Las formas evolutivas bajo las que se presenta el parásito son tres, las que se encuentran en diferente localización y son morfológicamente diferentes: los amastigotes, responsables de la acción patógena en el organismo del vertebrado, su multiplicación es binaria intracelular en casi todas las células de los diferentes tejidos; los tripomastigotes, se encuentran libres en el torrente sanguíneo de los vertebrados y se transmiten hacia los vectores cuando éstos aspiran la sangre, por ello denominados hematófagos, durante su alimentación; los tripomastigotes metacíclicos otra forma de evolución, son los transmitidos del vector hacia los vertebrados, cuando después de la maduración y replicación de epimastigotes (tercera forma evolutiva) en el tracto digestivo del vector, los tripanomastigotes metacíclicos altamente infectantes, se acumulan en la ampolla rectal de los triatomíneos.

El hombre portador de Chagas, puede trasmitir la infección a otros seres humanos por otras vías, como la transplacentaria, por transfusiones sanguíneas o por trasplantes de órganos; no siendo necesaria la presencia del vector.

La transmisión transplacentaria, depende de la parasitemia y el nivel de inmunidad de la madre. El radio de transmisión congénita descrito en países latinoamericanos como Brasil, Argentina, Bolivia y Chile varía entre el 0,7% y 28,2%. La incidencia en países no endémicos se desconoce, por falta de programas de detección obligatoria.

Cerca de más de 150 especies de animales domésticos (perros, gatos, cobayos, etc.) y a mamíferos silvestres (roedores, marsupiales y armadillos). Recientemente en Misiones (Brasil), confirmaron la presencia del parásito en murciélagos (aunque se desconoce si es posible la transmisión directa por mordedura de los mismos) y en zarigüeyas (que podrían contaminar alimentos con sus secreciones anales cargadas de *Tripanosoma cruzi*, lo cual estaría relacionado con brotes orales de la enfermedad en Brasil, o incluso ser fuentes de infección humana o animal, si se consumiera su carne sin suficiente cocción).

La transmisión oral se ha reportado en América desde 1967, cuando se publicó el primer episodio de transmisión oral de la enfermedad de Chagas. Por vía oral se transmite de varias formas: la ingestión directa accidental de heces infectada del vector o del vector mismo infectado contaminando alimentos; reportado en Brasil, atribuido a la infección oral por *T. cruzi* (Crescente et al., 1992; Valente et al., 2001). En Venezuela, un evento ocurrió un brote agudo en una comunidad urbana de la región capital, involucrando escolares presuntamente infectados por consumo de jugos contaminados con *T. cruzi* posiblemente provenientes de ejemplares triatomínos con infección naturalmente adquirida (DGE, MPPS, 2007).

La supervivencia de *T. cruzi* en alimentos ingeridos, en áreas de transmisión activa y de alta prevalencia (Crisante et al., 2006), el que se tiene referido a formas de cultivo del parásito contaminando algunos alimentos experimentalmente expuestos (Añez & Crisante, 2008). También, (Añez, Crisante y Romero 2009), los tripomastigotes metacíclicos de *T. cruzi* provenientes del tracto intestinal de *R. prolixus*, pueden sobrevivir períodos de 10 horas o más en alimentos, conservando los flagelados su actividad típica.

La comparación del tiempo de supervivencia de los parásitos sobre trozos y/o jugos de frutas y hortalizas u otros fluidos como agua de coco verde o leche, reveló en todas las muestras investigadas tripomastigotes metacíclicos muy activos presentes entre 1 y 10 horas; en agua de coco permanecieron con suficiente actividad hasta las 18 horas post contaminación. Otra forma de presentación, es por contaminación de alimentos con las secreciones de las glándulas odoríparas perianales del reservorio marsupial, *Didelphis marsupialis*.

El consumo de carnes o de la sangre cruda de animales infectados con *T. cruzi*, es otra forma de transmisión. Una menos probable, mediante la leche materna, sin embargo, ya existen casos descritos de infección por *T. cruzi* por vía oral durante la lactancia materna. Cuando la infección ocurre por transmisión oral, la presentación clínica es de un cuadro agudo y desarrollo de una miocarditis grave, de alta mortalidad y peor pronóstico a menor edad del paciente. (Toso, 2011)

Las evidencias de sobrevida del *T. cruzi* en bebidas como jugo de caña, leche como de la infección experimental de animales por vía intragástrica, es evidente. Añez, Crisante y Romero (2009), descubren la capacidad infectiva que conservan los

tripomastigotes metacíclicos de *T. cruzi* hasta 6 horas después de contaminada la leche usada para alimentar ratones lactantes, expuestos a la misma.

Una fuente común de presencia infectiva por vía oral del Chagas en Bolivia, es el jugo de majo del fruto recolectado de palmeras, con abundancia en la Amazonía, cuyo reporte por transmisión oral en Guayaramerín (Beni), fue 14 casos de parasitemia con compatibilidad de infección aguda por *T. cruzi*; los que se incrementaron sobrepasando los 170.000 con un tratamiento del 10%, al 2015, algo disminuida en comparación al 2010 que alcanzaba al 25%.

La transmisión congénita en Bolivia, tiene una prevalencia cercana al 20%, afectando a la población del Departamento de Chuquisaca en un alto porcentaje.

Desde 1999 a 2009, pasaron cien años desde las primeras publicaciones realizadas por Chagas, en el transcurso de los mismos se produjeron muchas equivocaciones, como las de asociar la presencia del parásito con enfermedades distintas, a las que producía. A la fecha, la OMS, 2007, indica que las cifras de la actualidad, no representan de manera confiable la magnitud real del problema, por la falta de registros reales, comunicación de la situación real y desconocimiento de otras posibilidades de riesgo de contraer la enfermedad, aún en proceso de investigación. Datos estimados sobre la población infectada y en riesgo de contraer la enfermedad, resultan ser contradictorios, porque según cifras de la OMS 2006, no reflejaban la verdadera magnitud del problema; por los estudios serológicos aislados que no consolidan algoritmos de referencia por falta de tecnología estandarizada y capacitación de recursos humanos para la prestación de servicios eficientes; además, de la falta de datos estadísticos reales que revelan que no cuentan con una dimensión de afectación a la población humana y otros reservorios, en una región geográfica o de un país, lo que no permitiría conocer a cabalidad si la vigilancia epidemiológica aplicada o a ser aplicada incide en el mejoramiento de la situación del problema.

El riesgo de contraer el mal de Chagas en Bolivia, son en 6 de los 9 departamentos, entre los cuales están parcialmente en La Paz, Cochabamba, Potosí; y mayor en Chuquisaca, Tarija y Santa Cruz. La aparición de casos en la población de los departamentos nunca antes considerados endémicos muestra la probabilidad de que la población humana pueda infectarse por la constante migración; también por brotes de transmisión oral, por la presencia de vectores silvestres.

### **Estudio Geo epidemiológico del vector, la población humana afectada y su presencia en el medio ambiente**

La crisis de salud pública de la enfermedad de Chagas, se torna silenciosa y silenciada. Silenciosa porque durante muchos años, para dos terceras partes de las personas infectadas durante toda su vida, es asintomática; también, porque afecta a personas más pobres y vulnerables, sin reclamo al derecho a ser tratados. Silenciada, porque la magnitud del problema no está claro y no hay consenso en torno a las cifras.

En términos de infección humana, un 3 a 5% de las mujeres infectadas transmiten a sus bebés por vía transplacentaria; la enfermedad, el control y tratamiento de los recién nacidos, no es una práctica extendida donde la enfermedad está presente.

La estimación de la población afectada en América Latina (zona endémica), sumado la presencia Europa, Asia, Australia, con población principalmente migratoria, varía. Bolivia, se estima que es el estado con mayor incidencia y cuarto en términos de prevalencia. Un alto porcentaje no está diagnosticado por falta de conocimiento clínico o por falta de medios, y quedan sin tratamiento (OPS 2014). La prevalencia

en el 2015, fue de 4,2% en niños comprendidos entre las edades de 1 a 5 años; 4,9% en poblaciones de 5 a 15 años de edad, y en un 36% en la población mayor a 15 años.

La población más afectada en Bolivia es del área rural y periurbana. La enfermedad es de evolución crónica, con 30% de desarrollo cardiaco y aproximadamente el 10% de forma digestiva o mixta (PNCH 2015, publicada en Chagas 2016). La forma más frecuente de transmisión es vectorial, y menos frecuente por vía congénita, oral, transfusional y transplante de órganos.

Según el programa nacional de Chagas de Bolivia, las zonas consideradas de mayor endemidad disminuyeron, de 86 a 35 municipios; del 2003 al 2015.

Respecto a la voluntad política para la interrupción, el 2010, la OMS emitió una recomendación para que los países integren la atención de pacientes de Chagas en los sistemas de atención de salud. El 2012, con la Declaración de Londres, se confirmó el compromiso de lucha de enfermedades olvidadas y se presentó la hoja de ruta de la lucha contra el Chagas para 2020, augurando un mayor compromiso. Al 2015, a cinco años del plazo fijado, los resultados en términos de tratamiento no fueron suficientes.

### **Del vector y su distribución geográfica**

Investigaciones realizadas para identificar al insecto vector como portador del parásito *T. cruzi*, que ocasiona la enfermedad de Chagas; realizados por Arthur Neiva, como uno de los primeros trabajos sobre el vector (Chagas, 1909; Neiva, 1910; Ábalos & Wygodzinsky, 1951; Lent, 1999). Chagas, 1909, realizó la descripción del vector hicieron notar de que se trataba de un hemíptero heteróptero clasificado entonces dentro de la familia *Reduviidae*, género *Conorhinus*; de característica hematófago.

Los insectos hemípteros hematófagos, años posteriores fueron clasificados taxonómicamente en la familia *Reduviidae*, subfamilia *Triatominae* (los nombres comunes adoptados son vinchucas o chinches, barbeiros).

En la actualidad se han identificado cerca de más de 130 especies de triatominos (Lent & Wygodzinsky, 1979; Schofield, 1994; Carcavallo *et al.*, 1998, 1999; Costa & Lorenzo, 2009), de las cuales más de la mitad se infectan en forma natural o experimentalmente con el *T. cruzi* (Schofield, 1994).

La existencia del vector sin embargo, data de finales del Siglo XVI, cuando Fray Reginaldo de Lizárraga, al realizar la inspección de conventos desde Perú hasta Chile y Argentina, alrededor del año 1590 (Ábalos & Wygodzinsky, 1951; Delaporte, 1999) realizó la descripción del vector, dando a conocer la presencia de un aguijón casi invisible con que pican, y tan delicadamente que no se siente de noche o cuando bajan por las paredes o del techo caen a peso sobre el rostro o cabeza del que duerme, pican en las piernas y el rostro; siendo sus patas largas, delgadas y torpes; una vez lleno el abdomen con sangre se tornan pesados.

Félix de Azara, tras su paso por América hacia fines del Siglo XVIII (según Ábalos & Wygodzinsky, 1951), refirió que la vinchuca incomodaba a los viajeros que se trasladaba de Mendoza a Buenos Aires, no vista en Río de la Plata; que el escarabajo de cuerpo oval y muy aplastado, se hinchaba cuando chupaba la sangre; que una vez digerida la arrojaba. Son nocturnos y desprenden un mal olor al ser aplastadas.

El misionero jesuita Joseph Gumilla, durante su viaje por la cuenca del Orinoco, evidencia la presencia de vinchucas describiendo el hábito hematófago y la picadura indolora de las mismas (Delaporte, 1999).

Burmeister (1835) fue el primer entomólogo en publicar datos sobre los hábitos hematófagos de los insectos, desconocidos hasta entonces a pesar de haber sido mencionados por los que realizaron expediciones en América del Sur, Lent (1999). Mantegazza (médico, escritor y antropólogo italiano) prevenía a los viajeros, llevar hamaca con clavos y argollas para protegerse de los insectos terrestres y de las vinchucas, que chupan tanta sangre, huir de las casas, albergarse bajo las plantas, y encomendarse por el resto a la divina providencia. (Ábalos & Wygodzinsky, 1951). Charles Darwin, en su paso por Mendoza, fue atacado por un numeroso y sanguinario grupo de grandes chinches negras de las Pampas, descrito con un cuerpo blando y sin alas de cerca de una pulgada de largo que una vez llenos de sangre se hinchaban, siendo la probabilidad que Darwin murió de cardiopatía chagásica por insuficiencia cardiaca congestiva (De Haro, 2003; Paya & Domic, 2008).

Carlos Chagas, investigador perteneciente al equipo del Dr. Oswaldo Cruz (Río de Janeiro), en su estancia en Lassance (Minas Gerais) para estudiar el paludismo, se interesó por unos insectos hematófagos que se hallaban en abundancia en las habitaciones precarias de la población, y que se alimentaban de la sangre de las personas y los animales domésticos (Chagas, 1909; Castagnino, 1986; Sierra Iglesias *et al.*, 1994; Delaporte, 1999; Zabala, 2007). En el interior del tubo digestivo de los barbeiros (nombre popular de las vinchucas en Brasil) encontró unos protozoarios que los identificó como parásitos del género *Schizotrypanum*, a los cuales dio la denominación de *S. cruzi* (Chagas, 1909) en honor a su maestro.

Stål (1859), como parte de la historia moderna sobre los triatominos de la Argentina menciona a *Triatoma rubrovaria* Blanchard y *Neotriatoma circummaculata* Stål. Posteriormente Berg (1879) nombra *Triatoma infestans* Klug, *N. circummaculata*, *T. sordida*, *Panstrongylus güntheri* Berg.

Pirajá da Silva y Brumpt (prestigioso parasitólogo francés en misión en San Pablo), alerta sobre el papel de las heces del vector en la transmisión del parásito (Zabala, 2007). Siguieron los de distribución de triatominos e infección por Niño (1928) y Mazza *et al.* (1931).

En Argentina, Del Ponte (1930) y un estudio sobre los índices de infestación del *T. infestans*, realizado por Dios *et al.* (1937) definió las zonas donde los invertebrados estaban intensamente parasitados por *T. cruzi*, lo que facilitaría la búsqueda de nuevos portadores humanos (Zabala, 2007).

El vector en Bolivia, *T. infestans*, presente en aproximadamente el 60% del territorio, en zonas geográficas comprendidas entre las altitudes de 300 a 3000 msnm, de las que hacen parte la Amazonía, los valles interandinos y el Chaco.

### **Magnitud y distribución del vector y su perdurabilidad en zonas de control**

#### **Características del vector**

Los triatomíneos, son artrópodos alados, hematófagos. Con una proboscide de tres segmentos que cuando están en reposo se coloca sobre la cabeza y permanece entre el primer par de patas. La misma es recta y delgada que perfora el tegumento sin mayores daños. La forma del primer segmento del cuerpo permite la identificación del género cuyas antenas se acrecientan en la cabeza. *Rhodnius* con cabeza alargada y antenas localizadas en la parte anterior. *Triatoma* con antenas en el punto medio y *Panstrongylus megistus* con cabeza corta y antenas próximas a los ojos.

La determinación de la especie desde el punto de vista parasitológico, se la realiza considerando la estructura general del cuerpo, patrones de color, el tamaño y

localización de las antenas y los ojos; además, de los órganos genitales. Las hembras se diferencian de los machos por el mayor tamaño y por la exteriorización de los órganos genitales externos, visibles e inequívocos.

El parásito morfológicamente se presenta bajo cuatro formas evolutivas: el amastigote (intracelular), epimastigote, tripomastigote, y tripomastigote metacíclico. Según Apt. W. y cols. 2008, por medio del análisis de ADN reveló la existencia de esquizodemas que, al igual que los zimodemas, asociado con comportamientos biológicos particulares de los parásitos.

Las características biológicas relacionadas con la virulencia, la evolución de la parasitemia, el histotropismo y las formas celulares predominantes, ha logrado diferenciar hasta tres grandes grupos de cepas de *T. cruzi* denominados biodemas. Actualmente, se diferencian dos linajes de *T. cruzi*: TC1 y TC2. TC1 es del ciclo silvestre y de casos humanos del altiplano chileno-boliviano y de algunos casos de Venezuela. TC2 corresponde al ciclo doméstico y se divide en 5 sub-grupos a, b, c, d y e. Esta clasificación se basa en los DUT (*Discrete Unit of Typification*). La heterogeneidad biológica ha sido observada en cepas o aislados, y algunos trabajos han abierto la posibilidad de considerar un comportamiento diferenciado entre los clones constitutivos con respecto a su cepa parental.

Según la clasificación taxonómica, el vector pertenece al Orden Hemíptera, Familia *Reduviidae*, Subfamilia *Triatominae*.

Las especies, principales geográficamente distribuidas, es como sigue: *T. infestans*, presente en el Cono Sur y Perú; *T. brasiliense*, en el Nordeste de Brasil; *Panstrongylus megistus*, en Nordeste y Centro sur de Brasil; *T. dimidiata*, en Colombia, Ecuador, Venezuela, América Central y México.

Las especies con potencialidad de constituirse en domiciliarias son *T. sordida* y *T. pseudomaculata* (Brasil), *T. maculata* (Venezuela), *T. barberi* y *T. longipennis* (México).

En Bolivia y en Paraguay *T. infestans*, se encuentran largamente dispersos y *Panstrongylus megistus* en focos pequeños. *T. sordida* en la parte oriental de Bolivia.

En cuanto a la capacidad de transferencia de la infección según Canals y cols, publicado por Malta J. (1996) *T. infestans* y *T. spinolai*, tienen baja eficiencia en la transferencia de la enfermedad; por lo que para que ocho personas se constituyan en enfermos, son necesarias 10.000 picaduras, en el caso del primero y para el segundo es menos eficiente; cuya baja eficiencia es compensada por las numerosas picaduras.

Noireau F. Alfred J, Noireau F, Guillén G (1999) propusieron una clasificación de los *Triatominae* según su situación ecológica básica, remarcando que tres especies presentan una gran adaptación a los ecotopos artificiales que son *T. infestans*, *R. prolixus* y *T. rubrofasciata*. Las 2 primeras especies son vectores mayores de *T. cruzi*, La tercera es una especie que se encuentra en América y también en África, Asia y Australia y no es vector de la enfermedad de Chagas.

En un mapeo realizado en Perú 1960 (Herver), se identificó a los vectores como transmisores del Chagas con una localización domiciliaria y peridomiciliaria a *T. infestans* y a *Panstrongylus herreri* como selvático.

En México (programa sectorial de salud, 2014), los estados con mayor número son: Veracruz (17.9 %), Yucatán (14.8 %) y Oaxaca (14.5%).

## **Estrategias de control de los vectores domiciliarios, peri domiciliaria y silvestre**

El reconocimiento y el olvido han marcado la historia del Chagas, aún en la actualidad se constituye en un problema social; posicionándolo en el ámbito de las políticas y de la conciencia colectiva, como un asunto sobre el que es necesario intervenir en el plano político, médico y simbólico.

Lo anterior tiene repercusión en el conjunto de dilatadas iniciativas orientadas al control de la enfermedad por diferentes vías, así como la imposibilidad de llegar a ese objetivo en forma definitiva.

Según la OMS 2007, los programas de control vectorial de la enfermedad de Chagas, por tratarse de una zoonosis compleja, sólo pueden estar dirigidos hacia la eliminación o disminución de las poblaciones de vectores y no a la erradicación.

El control de la transmisión vectorial es una forma de prevención primaria, por lo que debe ser considerada como una prioridad y tener precedencia.

### **Control vectorial y su evolución**

El control vectorial data desde 1990, época en que se realizaron campañas de control y eliminación en varias regiones de las Américas por la OMS y por la oficina regional de las Américas PAHO, en cooperación con autoridades regionales y nacionales; considerando las formas de transmisión, características epidemiológicas y las manifestaciones clínicas; las que contribuyeron en la interrupción y transmisión de la enfermedad; siendo Brasil, Chile y Uruguay en los que se tenía declarada libre de transmisión de la enfermedad por el vector, siendo principalmente de tipo domiciliario.

De acuerdo a la información de 21 países donde la enfermedad es endémica, el número de personas infectadas hoy se estima en 7.694.500 (1,448%); lo cual representa una reducción del 50% producido desde 1990. El número de casos nuevos a partir de la transmisión vectorial es 41.200 (7.775 por 100.000) y de casos nuevos congénitos por año es 14.385.

Para efecto de explicar el fracaso en el control del Chagas y las posibles soluciones, se han exteriorizado dos posturas (Zabala J. 2012). Una desde el punto de vista eminentemente científica y tecnocrática, enfatiza la falta de desarrollo de los medios adecuados para el control, entre ellos, una vacuna, una droga antiparasitaria más eficiente, o un insecticida de mayor acción residual; cuya respuesta plantea la posibilidad de evitar la enfermedad, mediante el avance de la ciencia y la tecnología, las que puedan dar por finalizado el problema. La otra, tiene relación con una falta de interés político-comercial, es decir, porque se trata de una enfermedad de pobres y por ende de sujetos no capaces de generar beneficios/ganancias; cuya solución propuesta a esta problemática es a través de la definición de prioridades políticas, alejadas de criterios mercantilistas.

El progreso del control vectorial en Latinoamérica (OMS 2007), ha sido muy variable. Algunos países, como Brasil, Chile y Uruguay, han logrado eliminar al *T. infestans* de las áreas endémicas, mientras que en los otros países del Cono Sur, los países andinos, Centroamérica y México, las intervenciones de control necesitan ser intensificadas. Siendo en parte, el desconocimiento de las características biológicas de los vectores y la consecuente incertidumbre sobre cuáles deben ser las medidas y estrategias de control más apropiadas para ser aplicadas en la región. Entre otros, los motivos son de índole político, por falta de presupuesto disponible,

la descentralización de los sistemas de salud, el desinterés y desconocimiento de la gravedad del problema por parte de las autoridades responsables.

En la práctica y con cierta certeza, OMS 2007, las poblaciones de triatomos domiciliarios constituyen un blanco perfecto para las intervenciones de control, los que pueden ser eliminados. Sin embargo, dadas las restricciones de recursos y la falta de continuidad en los programas de control, es poco probable que la eliminación rápida de todas las poblaciones domésticas de triatomos sea viable. El vector domiciliario y aquéllas donde se mantienen los focos selváticos o en el ambiente extradomiciliario, una alternativa operacional que podría ser ventajosa, sería la evaluación posterior a los rociados iniciales, en función de la respuesta obtenida, lo que requiere de investigación y desarrollo de nuevas herramientas y estrategias.

Estrategias de control a aplicar establecido algunos países como Honduras (Ponce C. 2003); fue con participación activa de la comunidad para retomar experiencias de modelos de participación comunitaria existentes y adaptarlos al componente de la enfermedad de Chagas, el que consistió en el tratamiento de la vivienda que consistía en patio limpio, rociado intra y peri domiciliario, uso de pabellón, uso de pintura y plásticos con insecticida, rociado domiciliario, aplanado o relleno de fisuras y cuarteaduras de las paredes, colocación de piso firme o tierra compactada, los techos con tejas de cerámica o láminas, limpieza continua y permanente de la vivienda evitando la acumulación de basura, leña y almacenaje de cosechas.

En los últimos veinte años Guhl (2017), la investigación se concentra en la prevención y control, consistentes en: genética y bioquímica del parásito, pruebas diagnósticas confiables, desarrollo de nuevos medicamentos, genética de poblaciones de vectores; para la planeación y evaluación de programas de control.

En los últimos diez años, por la exitosa interrupción de la transmisión vectorial y transfusional, la incidencia se ha reducido en todo el continente americano.

En cuanto a la transformación de los ecosistemas, los cambios ambientales, la deforestación y el calentamiento global; han afectado los ecotopos y el comportamiento de los vectores y de los reservorios de *T. cruzi*, desplazándose a nuevas zonas, con una nueva forma de transmisión por contaminación de alimentos.

En Bolivia uno de los trabajos para lograr el control integral del Chagas fue realizado en Tupiza (según Guillén G. 1999 y cols), región suroriental de Potosí, en zonas rurales de las provincias de Nor Chichas, Sud Chichas y Modesto Omiste siendo la mayor parte de su superficie con formación de matorral de norte a sur, como matorral claro, matorral denso y bosques claros o densos. Otra de las características de su suelo de ésta región, es la topografía con marcada variación, entre valles interandinos con altitudes que varían entre los 2.700-3.200 m.s.n.m. y llanuras alto andinas a más de 4.000 m.s.n.m. El proyecto se desarrolló en 13 años de intervención ininterrumpida en la región (1986-1998). La mejora de las viviendas contribuyó a la logro de vivienda con calidad, siendo que el 81% fue considerada de mala calidad sin revoque o con muchas grietas, techos de barro y paja, y el piso de tierra, donde dormían más de tres personas en una sola habitación y, en muchos casos, incluso con animales domésticos; y al final del mismo se mejoró en un 75%, con arreglo de corrales de animales y otras acciones a fortalecer el control vectorial.

En cuanto al vector, *T. infestans*, en ese entonces, fue reportado como único de la región. Al iniciar el 65% del área era considerada como endémica por la presencia del vector; la vinchuca fue detectada en el 85% de las viviendas, intra y peridomiciliaramente; su tasa de infección por *T. cruzi* variaba entre 33 - 77% según

la localidad. En 1994, en los controles efectuados, los índices de infestación tanto en intradomicilio como en peridomicilio resultaron cero. Según la evaluación, pocas comunidades presentaban vectores al final de 1998 en 3% intradomiciliario y hasta 10 % en peridomicilio.

### **Estrategias para mantener las viviendas libres del vector y su interrupción**

Una de las principales para mantener las viviendas libres del vector, es el rociado con insecticidas de las viviendas infestadas, cuyo impacto inicial es muy eficaz; sin embargo, la re-infestación o repoblación de triatominos en la vivienda tratada es habitual debido a la rápida reducción del efecto residual del insecticida.

Al 2016, en Bolivia existió un avance favorable, ya que de 154 municipios endémicos, solo 34 se encuentran en alto riesgo. La Paz (2011) y Potosí (2012), fueron certificados internacionalmente, con interrupción vectorial.

### **Control químico**

Para realizar el control vectorial surgió el insecticida hexaclorociclohexano, como producto altamente letal para los triatomíneos, con eficacia para vectores domiciliares.

El Gamexane, dieldrín y otros como los carbamatos y fosforados fueron con los que se ensayaron rociados domiciliarios y peridomiciliarios en menor escala.

La acción residual de los químicos, considerada una de las propiedades indispensable, así como la facilidad en su manejo, aplicación y su toxicidad alta para los triatomíneos; y muy baja para los seres humanos y animales domésticos.

Los piretroides sintéticos y su aplicación en 1980, fueron favorables para el control, por su baja toxicidad humana y acción insecticida potente, más la acción repelente.

La eficacia de la respuesta y estabilidad del grado de control alcanzado, es por la continuidad temporal y espacial.

Los productos debidamente probados, y que llevan más tiempo en su uso son deltametrina 25 mg/m<sup>2</sup>, lambda-cialotrina 300 mg/m<sup>2</sup>, cifultrina 50 mg/m<sup>2</sup>, cipermetrina 50 mg/m<sup>2</sup>, beta cifultrina 25 mg/m<sup>2</sup>, alfa cipermetrina 50 mg/m<sup>2</sup>.

### **Control físico**

El tipo de abordaje a usar para el control físico cuando presupone el patrón de transmisión habitual, es decir, el contacto directo del vector con el humano con riesgo permanente de transmisión, la transmisión se produce por las visitas constantes del vector; es mediante la creación de barreras mecánicas u ordenamiento del ambiente extradomiciliario en el perímetro inmediato de la vivienda. El control físico debe entenderse como medida específica, cuando es necesario por ejemplo el cambio de techos para evitar la colonización de *Rhodnius*, en la colocación de pisos donde se pueda mimetizar con el suelo en el caso de *T.dimidiata*, e incluso la sustitución de cercas de palos en los corrales por la presencia de *T.brasiliensis* y otros.

El control físico como tal, consiste en el enmallado de ventanas, puertas; en otros casos la instalación de cortinas o telones impregnados con insecticidas; complementándose con el rociado químico piretroid, siguiendo métodos y rutinas estandarizadas; sin embargo, todos los métodos disponibles de detección de vectores, tienen baja sensibilidad.

Según la OMS 2007, el uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica, es fundamental para evaluar las actividades del programa de control de vectores de la enfermedad de Chagas.

Los programas que iniciaron recientemente, tienen la oportunidad de utilizar las nuevas tecnologías informáticas las mismas que están vinculadas con el desarrollo

de sistemas de información geográfica SIG, la disponibilidad de información provista por sensores remotos a bordo de satélites de observación de la Tierra y los recientes avances en los métodos de epidemiología espacial. Esto, resulta útil para los programas de control vectorial de la enfermedad de Chagas, dado que permite analizar datos recolectados en terreno y aplicar nuevos enfoques analíticos que pueden ayudar a mejorar la eficiencia de las actividades; la utilización de datos registrados por sensores remotos permite el estudio, el análisis y la actualización de la distribución geográfica de las especies de *Triatominae*.

Según el programa nacional de Chagas el 2014 en Bolivia, la disminución de infestación fue de 2,5% a 2,3%, desde el 2013. La infestación intradomiciliaria desde el 2013 a 2014, bajó de 1 a 0,8%, con la vigilancia vectorial y rociado de viviendas.

Siendo el riesgo, de 77,9% en los municipios endémicos que están entre mediano y bajo riesgo; y los municipios endémicos considerados de riesgo mayor el 5,8%.

También, se propuso conseguir baja infestación de viviendas, al 3%, alcanzando el objetivo en el 80% de los municipios, en barrios periurbanos de las ciudades de Cochabamba y Tarija.

Otra de las pruebas, realizadas con trampas químicamente cebadas puestas en experimentación, fueron con éxito en la región del Gran Chaco paraguayo (Rojas De Arias A y cols 2014), pero la liberación rápida de feromonas, las grandes distancias de las zonas endémicas para monitorear estas herramientas y la compleja detección en condiciones de campo son muy difíciles por lo que requieren un enorme apoyo financiero. A raíz de la citada experiencia, surgió una idea innovadora que consiste en el desarrollo de un sistema automatizado para detectar la entrada de vectores dentro de trampas cebadas y pegajosas, mensaje que podría ser transferido a larga distancia para conocer en tiempo real la presencia de estos insectos dentro de las viviendas. Un sistema electrónico inteligente implementado, que mide y registra todas las variables físicas del tiempo tales como: temperatura y humedad, incluyendo los dispositivos de liberación lenta de atacantes (feromonas sexuales) o trampas pegajosas, lo cual mejoraría la eficiencia de los programas nacionales de control del Chagas en América Latina.

Uno de los estudios (Bacigalupo, A, Cattan, P. 2017), para predecir la ubicación de los triatominos y optimizar el control vectorial, basados en reportes de su presencia en sitios puntuales, a diferentes escalas, fue utilizando imágenes obtenidas de distintos sensores remotos. En la mayoría de los estudios que han evaluado la distribución espacial en estos vectores, se ha determinado que es agregada, lo que estaría relacionado con la estructura del ecotopo y con la disponibilidad de hospederos; además, existen feromonas de agregación en sus deyecciones, lo que facilita el retorno de los individuos a un mismo punto. Estos insectos parecen ser capaces de moverse entre microclimas dentro de sus hábitats buscando las condiciones más favorables. Su dispersión puede ser activa (por vuelo o caminando) o pasiva (acarreados por personas o animales); es la existencia de dispersión lo que genera que la distribución sea dinámica, y por tanto, un modelo de gran resolución espacial puede ser válido, pero requiere ser recalculado con datos de presencia actualizados periódicamente. Los datos de modelos de proyección espacial de los triatominos pueden ser proyectables a otros vectores y además ser una excelente herramienta de epidemiología espacial que permita un control más eficaz de la enfermedad de Chagas.

## **Población afectada por el Mal de Chagas, medio ambiente y prevención**

### **Población según situación geográfica y su distribución en América Latina**

La infección se encuentra en forma natural en el continente americano, distribuida desde el sur de California paralelo 43 latitud norte, hasta Latinoamérica, región central de Argentina paralelo 49 de latitud sur, zona donde habita el vector biológico. La enfermedad afecta a 17 países, a menos de 12 millones de personas infectadas, procedentes de las áreas urbanas y peri-urbanas.

Los países considerados como endémicos, son motivo de preocupación, porque desde los mismos se produce la migración de población afectada con éste mal, (autóctonos); y las personas que se trasladan desde otros países suelen regresar a sus países con la enfermedad (migrantes).

De la población humana que habita en América Latina aproximadamente WHO (2015), 7 millones se encuentran infectadas, 100 millones en riesgo de adquirirla y 13000 personas mueren por la enfermedad de Chagas.

La enfermedad, afecta principalmente en zonas endémicas de 21 países de América Latina Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guyana francesa, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay y Venezuela (OMS 2018).

Brasil es uno de los países, según Pinto y Rodrigues (2013), en el que se ha calculado que al menos el 75% de las personas portadoras de la enfermedad viven en espacios urbanos, proporción que parece ser menor que en otros países, como Bolivia y Paraguay. Sin embargo, por la disminución de la densidad demográfica en las zonas rurales endémicas, se tiene la esperanza que para las próximas décadas se produzca una reducción del vector, lo que constituiría un efecto favorable de la globalización.

Las zonas rurales latinoamericanas fueron mejorando en la vivienda y producción agrícola. Pero, la expansión de la frontera agrícola en algunos lugares, posibilitó la difusión de los individuos infectados e incluso de los vectores, particularmente en la región amazónica.

Por el fenómeno de la globalización, la población empezó a adoptar medidas de prevención, entre las cuales estuvieron el refuerzo del diagnóstico en los bancos de sangre desde la década de los 80, considerando el número y calidad del control de la enfermedad de Chagas, tanto en países endémicos como no endémicos.

#### **Relación del medio ambiente y la enfermedad de Chagas**

##### **a) Aspectos físicos naturales**

La caracterización de los factores geográficos (Rojas K, 2015), de los que forman parte las viviendas (construidos con techos de palmas, paredes de bahareque agrietadas y pisos de tierra) sumados a los aspectos culturales de la población son determinantes para la domiciliación de los triatomíos, por infección de animales domésticos y al hombre.

##### **b) Altitud**

Es una de las variables que tiene gran importancia, debido a que las condiciones climáticas varían de acuerdo a la altitud, lo que determina la presencia del vector y ciclo de vida del parásito, en aquellas zonas que presenten características idóneas para su desarrollo. Los rangos de altitud están asociados a las unidades geomorfológicas. El Chagas, se extiende desde el sur de EEUU hasta el cono Sur

(las islas del Caribe están libres de enfermedad). La región con más prevalencia es el Gran Chaco que incluye regiones de Bolivia, Paraguay, Brasil y Argentina. (Actividad humanitaria 2018)

La población afectada en México 1998 (Magallon –Gastelin E y col), fue en una zona geográfica de una altitud de 4.330 m.s.n.m., siendo los vectores de naturaleza domiciliaria, entre los cuales se encontraban *T. longipennis* en un 68% peridomiciliaria y 32% intradomiciliaria. *T. pallidipennis* en un 28% y *T. barberi* en 17,5%

Una investigación realizada en Venezuela (Rojas K, 2015), determinó que zonas con mayor a 600 m s.n.m consideradas como zonas altas, correspondientes a áreas montañosas con temperaturas más templadas menores a 22°C son de mayor probabilidad de presencia de vector; en menor proporción en zonas de 401 – 600 m s.n.m.: que son zonas medias de temperaturas aún más bajas y se corresponde con paisajes de colinas. De 200 – 400 y 200 m s.n.m la probabilidad es mucho menor

c) Humedad

La precipitación pluvial, considerada como una variable importante cuyo patrón de distribución de la precipitación determina donde existe mayor o menor humedad. (Rojas K, 2015), se asignó el peso en función de la concentración de las mayores precipitaciones, considerando que los triatomíos se adaptan mejor a humedades relativas entre 60 y 80%. Considerando los rangos con mayor probabilidad a mayor de 1800 mm, algo menor a 1600,1 – 1800 mm y a 1600 – 1400,1 mm; mucho menor a 1400 – 1200 mm y 1200 mm.

d) Temperatura ambiente

Rojas K. (2015), percibieron que la temperatura incide en la presencia de los triatomíos y el ciclo de vida del parásito. El *T. cruzi*, es afectado a temperaturas cálidas por esta razón incide en el desarrollo del parásito. Siendo que a temperaturas más bajas favorecen la presencia de vectores.

Entre los rangos de 22 a 24°C la probabilidad es mayor; mucho menor entre 25 a 27°C y casi ninguna una temperatura mayor a 27°C.

e) Vegetación

El hábitat natural de los triatomíos, se asocia con la vegetación, Rojas K (2015). Las formaciones asociadas a palmeras incide en la presencia y condiciones de vida silvestre de los vectores Un Bosque denso, asociado a palmeras, es la zona con mayor probabilidad, menos la de Bosque ralo, asociado a palmeras y poco probable la zona con Bosque de galería.

f) Hábitat

Las viviendas según la OMS, que se encuentran localizadas en zonas principalmente rurales, son en muchos casos estructuradas de material (adobes de tierra y techos de hojas de plantas) donde fácilmente se producen rajaduras de las paredes, ausentes de buena calidad en su construcción. Las viviendas habitadas principalmente por familias de escasos recursos económicos, con altas tasas de migración, de actividad laboral agrícola en zonas y cosechas de caña de azúcar, arroz, soya, algodón.

Las viviendas, Rojas K (2015), cuyo material de construcción, es sobre la base de tablas, cartón, caña, bloque, son características determinantes de la presencia de los triatomíos, ya que, de acuerdo a las características de la construcción permitirá que se refugien dentro y en los alrededores, en busca del alimento que proporcionan los humanos y animales domésticos. Siendo las de característica de rancho con mayor probabilidad, menor la casa y mucho menor la quinta.

### **Vigilancia epidemiológica como forma de prevención**

La Vigilancia epidemiológica y entomológica planificadas en diferentes países del mundo fue variada.

En Honduras (2003) consistió en revisar el Manual Operativo de Vigilancia Epidemiológica y Entomológica. El perfeccionamiento del Sistema de Vigilancia Epidemiológica, creó un formato independiente para la captura de datos de la enfermedad de Chagas, para que la información se encuentre en línea entre al sistema y se le dé seguimiento. La capacitación sobre diagnóstico, aspectos clínicos y vigilancia epidemiológica, así como la integración de promoción de la salud, vigilancia epidemiológica, servicios médicos, bancos de sangre, etc, fortaleció y definió el Programa Nacional.

En el Cono Sur, el trabajo realizado consistió en la interrupción de la transmisión vectorial de *T. cruzi* por *T. infestans* y eliminación del vector como problema de salud pública en Uruguay (1997-2012), Chile (1999), Brasil (2006), Paraguay (Región Oriental, 2008; Alto Paraguay, 2013), Argentina (8 provincias entre 2001 y 2013) y Bolivia (departamento de La Paz y Dpto. de Potosí, 2011 a 2013).

Crocco L (2002) en Argentina, la primera condición para la interrupción de la transmisión vectorial, fue garantizar el sistema de vigilancia activa y permanente.

Las iniciativas subregionales según la OMS, fueron trabajos de interrupción y vigilancia, desde México, Centro y Sud América.

En Centroamérica, fue la interrupción de la transmisión vectorial de *T. cruzi* por *R. prolixus* en Guatemala (2008), El Salvador (2010), Honduras (2010), Nicaragua (2010), Costa Rica (2010) y Belice (2010); la caracterización de transmisión extradomiciliaria desde el ciclo silvestre, en Panamá (2013).

En la región Andina, la interrupción de la transmisión vectorial de *T. cruzi* por *T. infestans* en Perú (departamentos de Tacna y Moquegua); 10 Municipios de los Departamentos de Casanare, Boyacá, Santander y Arauca en Colombia (2013). En la región Amazónica, el trabajo consistió en la vigilancia y prevención de red en Brasil, Ecuador, Colombia, Guyana, Guyana Francesa y Perú. Respuesta a los brotes de Chagas de enfermedades transmitidas por alimentos.

En México, la eliminación de *R. prolixus* fue certificado en Chiapas y Oaxaca.

En Bolivia, (Chagas Bolivia, 2016), se aplica las tecnologías digitales y se pone en funcionamiento la plataforma eMocha (aplicativo móvil y comprensible dedicado a la salud y con código abierto) instalado en el Smartphone, para la captura móvil de datos en diferentes programas. Mediante el dispositivo se denuncia la presencia de vinchucas en el interior de la vivienda, a través de un SMS gratuito desde el celular a un número habilitado y codificado para el eMocha (codificación realizada utilizando GPS). Realizada la denuncia se programa la fecha de fumigación y se procede a realizar el rociado; además de gestión con participación social y económica.

Realizadas las actividades de vigilancia entomológica, se determina las posibles fallas en el control vectorial que tienen relación con la aplicación de sustancias químicas, las condiciones de su aplicación y la posible resistencia vectorial a los químicos.

El control vectorial realizado física y químicamente en las viviendas de los pacientes considerados como positivos y que reciben el tratamiento, es para eliminar a los vectores y evitar posibles colonizaciones en viviendas cercanas.

### **Avances en la prevención mediante la utilización de vacunas**

La utilización de algunas moléculas de origen proteico para la preparación de vacunas, serán las que actúen como preventivas de la enfermedad.

En Argentina investigadores como Malchiodi E. y otros (2017), de la Universidad de Buenos Aires, están trabajando para tratar de dar solución de tipo preventivo a la problemática; los cuales publicaron en la revista *Nature PJ-Vaccines*, sobre los avances logrados a la fecha, haciendo referencia a que se encuentran estudiando los efectos de una molécula amalgamada, que combina las características inmunogénicas de tres antígenos a la cual la denominaron Traspaina, provenientes del parásito que causa la enfermedad. Las proteínas, tendrían un efecto protector. Para la unión de las porciones de los compuestos usaron una conexión que pertenece a otra molécula del *T. cruzi* denominada Transialidasa.

La Traspaina puesta a prueba en ratones preparada con el adjuvante denominado c-di AMP fue con el que se obtuvo un mejor resultado, cuya respuesta promueve la aparición de ciertas células T específicas contra el patógeno llamadas linfocitos TCD4+ del subtipo T heper 17, así como también potencian la respuesta T CD8+ que hace que protejan al huésped del parásito. En respuesta a la aplicación de la vacuna, los animales que recibieron la misma eran capaces de controlar rápidamente la carga parasitaria, resultado comprobado al determinar la concentración parasitaria a nivel sanguíneo. Los animales que recibieron la vacuna, presentaban niveles menores parasitarios, además de disminuir los parámetros de la infección durante la fase crónica; por lo que se puede especular que es posible prevenir la patología.

La combinación de las moléculas proteicas que conforman la vacuna cuyo propósito en su utilización es la prevención, posibilita abaratar costos en su producción, elemento importante, porque la población afectada en un alto porcentaje es de bajos recursos económicos.

## MODELOS DE CONTROL Y VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA

### **Nuevas herramientas y su implementación en la vigilancia y control vectorial**

Para abordar el tema relacionado con la construcción de modelos y realizar el diseño de uno en la presente tesis doctoral, es necesario hacer referencia al enfoque que se ha venido dando de la salud, como sustento para abordar la problemática.

En el transcurso del tiempo y en función al carácter polisémico y las múltiples dimensiones que abarca el concepto del proceso salud enfermedad, viene teniendo su variación; entre los cuales se pueden citar el modelo mágico religioso, entendido la enfermedad como el resultado de fuerzas o espíritus; el Modelo Unicausal o biomédico que la enfermedad es el resultado de la agresión de un agente etiológico a un organismo no explicando por qué el mismo agente produce siempre enfermedad.

El Modelo de salud de Historia Natural de la enfermedad o multicausal (incluye modelos geográfico, ecológico, sanitario) conocido también como modelo Epidemiológico que se construyó en la segunda mitad del siglo XX, cuyos representantes son Mac Mahon y Pugh (1975), plantea que ningún problema de salud responde a una causa única aún de origen bacteriano y para que se produzca un determinado problema es necesario la participación de diversos factores, donde el valor de cada factor de riesgo depende de la distancia y del tamaño del efecto en la red de causalidad de lo biológico y social. Desde el punto de vista de la salud y

enfermedad, dependen del equilibrio y desequilibrio ecológico entre tres factores: agente, huésped y medio ambiente.

En éste modelo, los momentos establecidos en el proceso de la enfermedad son dos, el primero ocurre en el medio ambiente antes de ser afectado el ser humano y el segundo una vez afectado; ambos constituyen la historia natural de la enfermedad, imaginada como la secuencia o curso de acontecimientos que ocurren en el organismo humano entre la acción secuencial de las causas componente etiológico hasta que se desarrolla la enfermedad y ocurre el desenlace de curación, paso a la cronicidad o muerte. La historia natural de la enfermedad, hace referencia al conjunto de procesos interactivos que genera el estímulo patológico en el medio ambiente o en cualquier otro lugar pasando por la respuesta del hombre al estímulo hasta las alteraciones que conllevan un defecto de invalidez, recuperación o muerte, haciendo énfasis en lo biológico e individual mientras que lo social aparece incluido en el entorno y da sentido a los métodos de prevención y control de la enfermedad, desconoce la categoría social del hombre.

Los paradigmas imperantes epidemiológicamente, son de causalidad que requieren de un experimento como criterio de prueba; el paradigma de riesgo formado por una explicación probabilística y el tercero de creación de modelos totalizadores o multifactoriales a partir de sistemas dinámicos caracterizados por la indeterminación en pos de construir modelos de complejidad.

### **Modelos de control y vigilancia del Mal de Chagas**

Los programas de control y vigilancia epidemiológica han sido estructurados de manera vertical u horizontal.

Uno de los programas estructurados para el logro del control vectorial, ha sido siguiendo una tendencia de tipo centralizado y con una visión vertical, el que se ha adoptado a los programas de malaria y fiebre amarilla, con metas y cronogramas específicos y con participación de personal profesional dedicado al rociado de insecticidas con alta motivación.

Los programas horizontales, a diferencia del anterior, posibilitan el entrenamiento de recursos humanos locales para el rociado de las viviendas con insecticidas, además de conducir las acciones de vigilancia que consiga el aumento de la cobertura, la capacidad de sustentar las acciones y reducción de los costos operativos.

La estructuración de los programas de control vectorial aplicados, son en tres fases sucesivas: la preparatoria, la de ataque masivo y de vigilancia.

La fase preparatoria, incluye reconocimiento geográfico, mapeo y recopilación de los datos de infestación en el domicilio y el peridomicilio, lo que en la actualidad es posible realizar con celeridad mediante el uso de SIG (Sistema de información geográfica); seguida de educación a la comunidad e información y consentimiento de las autoridades locales, aplicando la tecnologías digitales.

La fase de ataque masivo, con participación de equipos profesionales que se trasladan a las áreas infestadas y realizan el rociado con insecticida de efecto residual en las viviendas y sus anexos peridomiciliarios, siguiendo procedimientos estandarizados; representando los insecticidas una medida de control inmediata que consigue la eliminación y como consecuencia la disminución de los insectos vectores con los que los habitantes están en contacto; siendo su tiempo de acción no permanente de un tiempo no mayor de 6 a 8 meses. Como la reinfestación de las viviendas es posible, es necesario la aplicación de un programa de vigilancia entomológica paralelo, cuyas acciones sean sustentables en el tiempo.

Los modelos de control y vigilancia epidemiológica del Chagas que se conocen y que se han aplicado son el de Enfoque de riesgo y el modelo integrado.

### **El modelo de enfoque de riesgo**

Este método aún no ha sido completamente estandarizado. La proposición es que debe considerarse de inicio la situación epidemiológica y el estadio del control en la zona objeto de la evaluación; diferenciándose entre las áreas con transmisión domiciliaria activa y las que han interrumpido la transmisión.

Las variables que se requieren para determinar el riesgo se relacionan con el ambiente, los atributos del vector, la presencia de casos humanos y las características y hábitos de la población.

En áreas con transmisión vectorial domiciliaria activa, las variables de mayor importancia, están relacionadas con la población humana (como la presencia o ausencia de casos de infección aguda) y con el vector (principalmente la capacidad vectorial de la especie o las especies presentes)

En zonas donde se ha interrumpido la transmisión domiciliaria y donde se quiere impedir la re infestación y el restablecimiento de la transmisión, las variables más importantes tienen que ver con el ambiente (condiciones físicas de la vivienda, distribución espacial de localidades y viviendas, condiciones del entorno domiciliario, proximidad geográfica de áreas infestadas). Además, de los hábitos y prácticas de la población que favorecen la dispersión pasiva de los vectores y su movilidad (movimientos de población más o menos regulares).

Las condiciones expuestas tienen un peso determinado, en función de la importancia que tendrían para la transmisión o el restablecimiento de la transmisión vectorial.

Los valores sugeridos, así como las propias variables, podrán ser ajustados a cada situación, país o región; siendo en la práctica difícil de usar todos los indicadores y variables; porque son difíciles de medir y la información para calcularlos es limitada o poco fiable.

### **Modelo integrado de control de la enfermedad**

El modelo publicado por el programa regional para el control de la enfermedad de Chagas en América Latina (2013), es el modelo integrado, que contempla las diferentes formas de transmisión vectorial y sus especificidades; permitiendo definir las medidas indicadas en cada caso y considerar diversas opciones de intervención. Mediante este modelo, se realiza prevención primaria de la transmisión vectorial al instaurar la vigilancia, y prevención secundaria, por la identificación y tratamiento de los casos tempranamente.

El modelo de intervención exitoso aplicado por el Brasil con algunas limitantes para su aplicación, da énfasis en el tratamiento químico domiciliario con insecticidas de forma extensiva e intensiva, ajustado a dos principios básicos: contigüidad espacial y continuidad temporal. Además, del diseño e implementación de un modelo de vigilancia entomológica apoyado por la notificación de vectores por la población (liderazgo comunitario), creando puestos de información para triatominos.

El modelo chileno, denominado convencional, pone énfasis en el tratamiento químico del domicilio con insecticidas, de forma extensiva e intensiva. El trabajo realizado con las escuelas rurales, para difundir la información y vigilancia entomológica.

En Paraguay, el modelo convencional, adopta diferentes modalidades de vigilancia, que según el nivel de riesgo, son de búsqueda activa por muestreo, notificación por la población a través de referentes (líderes) comunitarios; notificación por escolares,

con gran movilización de la comunidad escolar (Semana de Chagas); búsqueda activa censual en áreas todavía infestadas o de mayor riesgo con periodicidad bienal que consiste en verificar la información (o falta de información) generada por las otras formas de vigilancia.

Uruguay, el modelo convencional, es con control químico extenso y, con operaciones de campo compartidas con Brasil en zonas fronterizas.

Guatemala, con un modelo de intervención o convencional, considera el cumplimiento de fases sucesivas de operación que consisten en: a) preparación, con reconocimiento geográfico del área y establecimiento de líneas de base entomológicas; b) control químico vectorial, con dos ciclos iniciales selectivos por localidad infestada; y c) vigilancia, con actividades de vigilancia entomológica después del rociado (evaluación entomológica, bajo los mismos criterios de la encuesta de base, de 3 a 6 meses después de la primera y segunda rondas de tratamiento químico); sumado a un componente de vigilancia comunitaria sostenible, a partir de promoción de la salud creativos y participativos; con levantamiento entomológico de base en municipios previamente seleccionados con casos agudos confirmados o con presencia de *Rhodnius prolixus*. La investigación incluyó 100% de las viviendas de las localidades estudiadas o hasta haber encontrado el vector, con tratamiento químico. Además de muestreo de conveniencia, con investigaciones dirigidas a unidades domiciliarias vulnerables.

Honduras, dividió la operación en fases de preparación, ataque y vigilancia, el método introdujo innovaciones que hicieron viable el control vectorial de la enfermedad de Chagas en gran escala, a pesar de los pocos recursos disponibles. El método prevé una exploración serológica inicial, para obtener información rápida y segura, que permita: a) estratificar áreas endémicas para realizar encuestas serológicas según prioridades; b) Identificar focos de transmisión, y c) obtener líneas de base de seroprevalencia en población escolar por muestreo en las áreas de origen. Ese modelo se ha denominado de ruta inversa, puesto que parte de la exploración serológica y de forma casi simultánea se hace el control químico de los vectores y la instalación de las actividades de vigilancia, en contacto con escuelas, y tratamiento específico de los casos de infección reciente.

### **Modelo sistémico de control**

Este modelo está conformado por un agregado de distintos componentes tecnológicos de control; no se limita a la prevención primaria del mecanismo primordial de transmisión, sino que además, permite detectar y dar tratamiento etiológico específico a los casos de infección reciente, a los infectados por transmisión vectorial u otro mecanismo.

Para la construcción del nuevo modelo, su factibilidad en términos prácticos y ajuste al panorama epidemiológico se consideró, el contexto político institucional descentralizado en los servicios y programas de salud; los recursos limitados, por la poca prioridad de la enfermedad o por el logro de alto grado de control; la situación epidemiológica, en las que coexisten áreas o países donde se ha logrado un gran avance en el control de la transmisión vectorial y zonas con transmisión activa en las que el control sigue siendo insuficiente. En el algoritmo se señalan las operaciones y su desdoblamiento en orden de precedencia de cada una de las actividades.

La Exploración serológica/entomológica, consiste en obtener información rápida y fidedigna de identificación de áreas, localidades o focos de transmisión activa;

incluida las actividades de vigilancia entomológica, a partir de las escuelas rurales. Los actores son maestros y padres informados sobre la actividad.

## **Estratificación de riesgo, definición de prioridades y actividades de control**

En una etapa preliminar es importante hacer una primera estratificación de riesgo a escala nacional, estatal, departamental o provincial relacionada con la transmisión vectorial; que determine el grado domiciliario de los vectores y su capacidad de transmitir *T. cruzi* (antropofilia, susceptibilidad a la infección y metaciclogénesis). También, analizar las metas del control y su factibilidad.

En diferentes situaciones de riesgo, se puede prever altas tasas de seroprevalencia. Un segundo criterio a tener en cuenta serán las diferencias en la infección humana detectadas por la encuesta serológica; se clasificarán las áreas según la seroreactividad conocida. No tomar esta medida con rigor absoluto, para evitar una segmentación geográfica de las operaciones, sin que se respete la contigüidad espacial de las áreas intervenidas.

## **El control de la transmisión por vectores domiciliarios**

### **1. Especies introducidas**

Las medidas de la iniciativa de los países del Cono Sur, son consensuadas a partir de la experiencia del Brasil. El objetivo, eliminar estos vectores, inicialmente con insecticidas (piretroides) en dos ciclos de rociado integral de las localidades positivas, con un intervalo máximo de un año entre rociados; para evitar resultados domiciliarios falsos negativos; seguido de un nuevo tratamiento químico en la extensión determinada por las tasas de infestación, vulnerabilidad de las viviendas y su distribución espacial. Se recomienda instaurar actividades permanentes de vigilancia entomológica con notificación y participación de la población.

La detección de focos residuales de infestación por cualquier medio (notificación por referentes comunitarios o detección del vector por búsqueda activa) debe ser con respuesta rápida, para delimitar los focos y repetir el tratamiento químico.

Los ajustes a las intervenciones de control, son en el manejo físico y ambiental del peri domicilio y de su entorno más inmediato. Los residuos de infestación casi siempre peri domiciliarios, documentado en Argentina, Bolivia, Brasil y Uruguay.

Las experiencias en el sur del Brasil sobre la reparación o el reemplazo de anexos peri domiciliarios y en la región del Chaco; en Argentina, sobre la reconstrucción de corrales con resultados bastante animadores. Lo mismo, comprobado en Venezuela, con la sustitución de techos de paja para el control de la especie *Rhodnius prolixus*. En el Chaco boliviano, los silos para el almacenamiento de la cosecha en sustitución de los zarzos no ofreció ventajas, debido a que la población tenía muy arraigado el uso de los últimos, siendo cuestiones culturales obstáculos a tomarse en cuenta.

En Chile, la región Metropolitana la especie *T. infestans* se transformó de domiciliaria a silvestre, y el abordaje debe ser otro. El control del vector, que anteriormente fue estrictamente domiciliario, pasara a ser el propuesto para vectores no domiciliados.

### **2. Especies autóctonas**

Es posible esperar un grado de control que comprenda la eliminación de las colonias intradomiciliarias de los vectores que impida la recolonización del interior de las viviendas para suprimir el riesgo continuo de transmisión. Por lo que las medidas de control se dirigirán a las unidades domiciliarias con colonias instaladas en el interior de la vivienda. En algunas situaciones en que la presión de la colonización intradomiciliaria sea excepcionalmente grande o inminente, como

cuando hay grandes poblaciones peri-domiciliarias, se podría rociar con insecticidas aun en ausencia de colonias intradomiciliarias, si la especie es de alto grado de antropofilia.

Si se detecta, por notificación o búsqueda, que hay nuevas unidades de vivienda con colonias domiciliarias se repetirá el tratamiento. El control de estas especies podrá exigir medidas de manejo físico de las viviendas, manejo ambiental o ambas, a definir por el comportamiento de las especies de vector, de la relación existente entre sus focos silvestres y la vivienda, y los hábitos de la población.

#### **El control de la transmisión por vectores no domiciliarios**

La transmisión nunca será completamente controlable y el riesgo de que se produzca, aunque sea de forma accidental, estará siempre presente; por la visita recurrente de determinadas especies de vector a ciertas áreas (conducta evaluada en Panamá), por ejemplo, *Rodnius pallescens* en Panamá, *Rodnius pictipes* en la Amazonia ecuatoriana y en el estado de Tocantins en Brasil.

#### **Tratamiento etiológico**

Los casos de infección aguda o reciente conocidos a partir del modelo de control de la transmisión vectorial que se planteó, debe seguir las pautas, protocolos y normas sobre diagnóstico y tratamiento.

Para éste nuevo modelo, se tomaron en cuenta las experiencias exitosas de diferentes países; las experiencias de un lugar determinado (país o región) que son puestas en marcha, no siempre aplicables a otros sitios; debido a la variedad de situaciones epidemiológicas existentes, el gran número de vectores y reservorios del agente infeccioso y sus diversos comportamientos. También influyen las prácticas culturales, a favorecer en mayor o menor medida la infestación domiciliaria.

#### **Tecnologías de la información y comunicación aplicadas en el sistema de vigilancia y control del Chagas**

Las tecnologías de información y comunicación, las tecnologías de aprendizaje y conocimiento y las tecnologías de empoderamiento y participación, en los avances que se han suscitado, han contribuido efectivamente en la actualidad hacia una mayor capacidad de respuesta a los sistemas, considerando la oportunidad y calidad de la información hacia la toma de decisiones. Los sistemas de vigilancia especializados en enfermedades prioritarias en América Latina, como la enfermedad de Chagas, constituyen un valioso aporte.

Cravero C, Brunazzo F, Willington (2011), refieren que los dispositivos de información móviles (tipo Palm1), microcomputadora/ordenador personal móvil dispuesto en dispositivos híbridos que reúnen características de teléfonos celulares, dispositivos inalámbricos, computadoras personales, GPS, etc), son posibles de aplicar para realizar la vigilancia y control del Chagas. Las TICs facilitan la capacidad de análisis espacial de los Sistemas GIS 2 (Sistema de información Geoespacial), (OPS 2001), los que dan la posibilidad de potenciar la capacidad de anticipación y soporte en la intervención de patologías; con manejo de representaciones digitales de mapas en forma de capas, cada una añade una base de datos a la cual representa ese mapa.

Estos sistemas comprenden información vectorial e imágenes satelitales que pueden insertarse en la vigilancia epidemiológica, en el momento y lugar en que se genera el dato, y no solamente en el nivel central u hospitalario. El manejo de la información, consiste en que a través de los mapas digitales, se contribuye a mejorar la eficacia, eficiencia y costos brindando un sólido aporte a la toma de decisiones. Los sistemas de vigilancia epidemiológica y atención médica

implementados en la región para la enfermedad de Chagas, incorporando las tecnologías de información y comunicación, están orientados principalmente a las acciones de control vectorial, que permite un estudio georreferenciado de viviendas en áreas endémicas, cuya vigilancia es entomológica para el pre y post rociado.

La evaluación del sistema de vigilancia epidemiológica y atención médica con el apoyo de tecnologías de información y comunicación (TICs), establecido por Cravero C, Brunazzo F, Willington (2011), consiste en detectar e introducir precozmente al sistema de salud a los individuos seropositivos para Chagas en un área endémica del interior de Argentina, incorporando a menores de 15 años y embarazadas en riesgo.

## METODOLOGÍA

### **Tipo de Investigación**

Los Tipos de Investigación aplicados, según la profundidad del conocimiento (Hernández Sampieri R. 2014) son: exploratoria y descriptiva. Según el diseño: Documental y de análisis. Según el modelo: La modelación teórica (Reyes O y Bringas J. 2006), que mediante la abstracción reflejada en el pensamiento sobre la base del conocimiento teórico, será posible identificar los fundamentos dando sustento a la construcción teórica, en cuyo diseño se utilizarán símbolos, códigos especiales y otros elementos de gráficos; y la misma, oriente a la transformación de la realidad representada reproduciendo determinadas propiedades y relaciones de la vigilancia y control epidemiológico del Chagas en otro modelo inteligente de esencia propia respecto al original modelado; de procesos posibles y reales, relaciones y funciones; mediante analogías hacia el conocimiento profundo o el mejor dominio de la enfermedad de Chagas.

## **DISEÑO DEL MODELO DE CONTROL Y VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA INTELIGENTE**

Después de los logros alcanzados en el conocimiento científico y la situación de la población afectada por el mal de Chagas que ha posibilitado la comprensión de la enfermedad, su prevención y tratamiento; aún hace falta realizar un proceso de continua adaptación a las nuevas realidades del Chagas que tienen relación con la situación rural, urbanización y globalización (Briceño León y Galván 2007; referido por Sanmartino M. 2009). Asimismo, se hace necesario tratar de plantear nuevas iniciativas acordes al avance de la ciencia y que tienen relación con el manejo de las tecnologías digitales vista desde una perspectiva de lograr apoyo político económico e involucramiento con responsabilidad social; poner en consideración el mejoramiento de la situación sobre la base de los acuerdos establecidos por organismos internacionales.

### **Escenarios para el control y vigilancia epidemiológica**

Considerando los objetivos de desarrollo sustentable tomando en cuenta los criterios del PNUD, es posible mejorar la situación del Mal de Chagas, desde que se establece como líneas estratégicas las visiones parciales fundamentales que son: salud, aspecto social, cultural, económico y medio ambiente.

#### **Escenario de la salud**

Dentro del objetivo de desarrollo planteado, está garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades. La meta para el 2030, es poner fin a las epidemias entre las que se encuentra las enfermedades tropicales desatendidas, como es el Chagas.

Otro de los objetivos está relacionado con la construcción de infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.

#### **Escenario social**

Basado en la creación de centros de educación para la capacitación de la población en salud preventiva, presencial y vía on-line virtual a distancia.

Dotación de centros de salud equipados para el diagnóstico y tratamiento de los casos sospechosos y confirmados como positivos.

### **Escenario Cultural**

Creación de redes de información para la alerta temprana en las poblaciones donde existe el riesgo de contraer la enfermedad.

### **Escenario del medio ambiente**

Control y vigilancia epidemiológica física, química y biológica para la eliminación de los vectores.

Optimización de la infraestructura en la construcción de viviendas

Control de la flora y fauna posibles de constituirse en reservorios altamente peligrosos para la propagación de la enfermedad de Chagas.

### **La Inteligencia artificial y la aceleración de procesos de investigación aplicada en el modelo**

Las tecnologías digitales utilizadas en la investigación aceleran y alcanzan una mayor profundidad. Big Data, posibilita procesos de inteligencia artificial con el que se pretende aprender de los datos, realizar inferencias y ofrecer predictibilidad, que acompañadas de las técnicas de machine learning es posible realizar el tratamiento de la información, utilizado en la investigación, lo que permitiría el ahorro del gasto farmacéutico, mejoras significativas en las herramientas diagnósticas, y aceleración en los procesos de investigación con más datos, personas y mayor rapidez.

Con el Big Data, además, que se constituye en un fenómeno global con impacto económico real y potencial, beneficiaría al sector público y privado, en el aumento de la productividad, la competitividad sectorial y la calidad de vida de los ciudadanos de lo que es parte el seguimiento, control y vigilancia del Chagas.

El Big data, red de tipo intranet, mediante el cual se realiza el seguimiento de la situación enferma de los pacientes, una vez registrados en un determinado centro; útil para el seguimiento del diagnóstico y tratamiento de Chagas.

Las Redes sociales corporativas integradas en los procesos de trabajo, parte de las tecnologías digitales con las que se registrarían y realizarían el seguimiento por los profesionales, de los enfermos con tripanosomiasis americana.

La infraestructura de comunicaciones soporta la transformación digital, comunicaciones inalámbricas seguras de alta capacidad, Fibra al puesto de trabajo (FTTO), desde donde se realizarán los controles digitales de la situación.

Las Tecnologías facilitadoras esenciales (TFE), a utilizar, requieren un uso intensivo de conocimientos y están asociadas a una alta intensidad de Investigación sumado al Desarrollo (I+D), ciclos rápidos de innovación, grandes inversiones de capital y empleados de alta cualificación. Estas tecnologías favorecen la innovación en procesos, bienes y servicios en toda la economía y reivierten en todo el sistema. También, se consideran pluridisciplinares y repercuten en muchos ámbitos tecnológicos, con una tendencia hacia la convergencia y la integración.

Las TFE sirven de ayuda a la vanguardia tecnológica en muchos campos para sacar rendimiento de las inversiones en investigación. Los objetivos de investigación a largo plazo refieren por tanto a líneas de actividad que pueden estimular sinergias entre las ciencias y las tecnologías relacionadas y acelerar los descubrimientos en el ámbito de la salud y el bienestar.

Haciendo referencia a las tecnologías digitales (McKinsey Global Institute, 2013), identifica 12 tecnologías que pueden conllevar transformaciones económicas

masivas y cambios radicales en los años venideros. Entre ellas se incluyen las aplicaciones de Internet móvil e Internet de las cosas. Esto se traducirá en nuevas necesidades de desarrollar guías, protocolos, para uso por las autoridades sanitarias, así como plantearán desafíos en los ámbitos legales, de seguridad, económicos y sociales que conllevara el desarrollo de investigaciones dirigidas a evaluar la complejidad de estos sistemas (Krotof and Junglas, 2008). Este nuevo plan de investigación científica y técnica y de innovación 2013- 2016, subraya asimismo la necesidad de impulsar un nuevo modelo de políticas de Investigación, desarrollo e Innovación I+D+I y ocupa un lugar destacado el fomento de la investigación científica y técnica en la frontera del conocimiento, asociado a modelos disruptivos que aun siendo claves para el liderazgo tecnológico de un país se caracterizan por la inestabilidad de las trayectorias y estándares tecnológicos, por ello se promueve la movilización de esfuerzos en áreas emergentes a partir de aproximaciones interdisciplinares y convergentes.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sensores remotos, pueden ser utilizados para localizar sitios de ocurrencia de vectores y casos de Chagas, para establecer relaciones espacio - temporales entre vectores y casos con variables ambientales como parte de la aplicación de satélites para el estudio de diferentes aspectos de la distribución geográfica de especies de Triatominae (Gorla D y cols. 2005). Los sensores a bordo de satélites de observación de la tierra miden la energía electromagnética reflejada o emitida por la superficie terrestre usan combinaciones de bandas de imágenes satelitales pueden usarse para estimar temperatura de superficie o del aire, déficit de presión de vapor, precipitación, etc. (Goetz et al., 2000 referido por Gorla D y cols 2005), estas variables son relevantes para el análisis de casi cualquier enfermedad transmitida por vectores. Por lo que la amplia cobertura geográfica y la posibilidad de realizar estudios retrospectivos para analizar datos históricos sobre la abundancia de vectores, hábitats y epidemiología de la enfermedad dan a la tecnología del sensoramiento remoto un enorme potencial para desarrollar modelos de los diferentes componentes de la epidemiología de enfermedades transmitidas por vectores. Esta posibilidad de modelación abre varias alternativas para la construcción de sistemas de vigilancia epidemiológica integrando datos de campo con datos registrados por sensores remotos; pensado en la construcción del modelo como aporte de la vigilancia y control epidemiológico del Chagas.

En la investigación de los vectores de la enfermedad de Chagas Gorla D y cols (2005), la utilización de datos registrados por sensores remotos permitió el estudio, análisis y actualización de la distribución geográfica de especies de Triatominae. Aquellas con mayor importancia epidemiológica, objeto de actividades de control por varias décadas, tienen por ello una bien conocida distribución geográfica (por ejemplo *Triatoma infestans*, *Rhodnius prolixus*, *Panstrongylus megistus*, *T. dimidiata*). Sin embargo, sobre otras especies, que adquirieron mayor relevancia epidemiológica luego del comienzo de iniciativas continentales para el control de la enfermedad de Chagas, existe menos información; usando sensores remotos, se mostró que variables ambientales resultan buenos indicadores la distribución geográfica de especies de Triatominae, incluso aquellas fuertemente domiciliadas como *T. infestans* (Gorla, 2002<sup>a</sup>). Gorla (2002b) mostrando que la variabilidad contenida en los 3 primeros componentes principales de una serie temporal de índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) calculados a partir de imágenes AVHRR (Advanced

Very High Resolution Radiometer) resultan un buen indicador de la distribución geográfica de *T. brasiliensis* en el noreste de Brasil, en tanto que Costa et al. (2002) mostraron que la distribución geográfica de 4 poblaciones de *T. brasiliensis* puede ser descripta usando datos sobre temperatura y precipitación a través de la modelación de nicho ecológico (Peterson, 2001, referida por Gorla D y cols, 2005).

Un análisis epidemiológico espaciotemporal sobre la reinfestación de estructuras domésticas y peridomésticas en una localidad en la región chaqueña argentina (Gorla D. 2005), muestra la forma en que la reinfestación (especialmente de estructuras peridomésticas) progresó a lo largo de 5 años, luego de la aplicación de insecticida durante actividades de vigilancia basadas en la comunidad que no alcanzan a eliminar la infestación residual de los múltiples ecotopos usados por *T. infestans* (Cécere et al., 2004, referida por Gorla D y cols 2005).

### **Objetivo del modelo**

El modelo de control y vigilancia epidemiológica inteligente del Chagas, es la representación y simulación resultante para la explicación de las interacciones de las variables con manejo estructural de las tecnologías digitales, con las que se realiza la descripción, análisis, evaluación e interpretación de la situación de la población humana, vectorial y del medio ambiente hacia la mejora de la problemática actual; el que posibilite el proceso sistemático, ordenado y planificado de observación, medición y registro de variables definidas; además, de los impactos esperados de las situaciones a prever, que están relacionadas con anticiparse a los hechos y tener capacidad de reacción.

### **Modelo conceptual**

Para la construcción del modelo, además, es necesario poner en consideración una serie de variables que hacen del control y vigilancia epidemiológica y que tienen relación con la presencia vectorial, infección humana, animales domésticos y silvestres infectados, migración de la población, medio ambiente, economía, salud en sinergia con la aplicación de las tecnologías digitales.

### **Descripción del modelo conceptual y variables a considerar**

#### a) Variable Vectorial

Se considera la variedad de vectores existentes y que son portadores del parásito por infección previa de los mismos en América Latina, cuyo comportamiento intradomiciliario, peridomiciliario y extradomiciliario hacen de la presencia y perdurabilidad de la enfermedad de Chagas en la población humana, animal doméstica y silvestre; son considerados para tomar medidas pertinentes en el control y vigilancia epidemiológica.

#### b) Variable Poblacional humana y animal

Como preocupación la morbilidad, mortalidad y afectación en la natalidad, que además de ser una enfermedad que cada vez se incrementa, es mortal a corto, mediano y largo plazo y de orden global por efecto de las migraciones continuas donde a pesar de no existir el vector la transmisión se produce por otras vías como transfusión en la población humana y población animal doméstica, y silvestre en regiones rurales y periurbanas portadoras del parásito, lo cual se constituye en focos potenciales de incremento de casos de Chagas.

#### c) Variable medio ambiental

Tiene relación directa con la presencia del vector en matorrales y zonas altamente boscosas y selváticas donde la presencia del vector infectado y localizado extra domiciliariamente, incrementa la población animal silvestre infectada.

Ambientes con temperaturas templadas a ligeramente cálidas favorecen la multiplicación acelerada del vector.

La desatención en la vigilancia y control epidemiológico, posibilita la mayor proliferación en diferentes espacios ambientales de la población humana, animal y vectorial infectada.

La aplicación de educación ambiental, que implica el mantenimiento y atención en la higiene y limpieza, alejamiento de los animales domésticos de la vivienda humana, participación en el control y vigilancia epidemiológica con la aplicación de diferentes estrategias y herramientas, ejercen un efecto sinérgico favorable en el control y la erradicación de los vectores transmisores de la enfermedad de Chagas.

d) Variable relacionada con la infraestructura

La aún existencia de viviendas precarias en zonas donde conviven los seres humanos con animales domésticos y silvestres infectados cercanos, y la edificación sin tomar en cuenta las condiciones en las cuales colonizan los vectores, son consideradas como favorables para la presencia y asentamiento de vectores infectados tanto intradomiciliariamente como extra domiciliariamente.

La Reestructuración de las edificaciones, con ausencia de rajaduras en las paredes, techos que no permitan la presencia del vector; logrará la ausencia del vector sumado al alejamiento de los animales de la vivienda del ser humano y la limpieza de la vivienda, evitando la posibilidad de la infección parasitaria humana.

e) Variable económica

La atención de la población humana afectada con una mayor inversión económica que permita dar atención a la infraestructura, control y vigilancia epidemiológica aplicando los medios y herramientas existentes a los que se tiene que sumar las tecnologías digitales, son las que favorecerían en revertir la situación de la población afectada; porque además, la demanda de nueva infraestructura, servicios de educación ambiental y culturales con decisión política dirigidos a la población; hacen parte de una mayor inversión económico-social como parte de los derechos de la humanidad.

f) Variable de aplicación digital inteligente

La aplicación de las tecnologías digitales, son la que posibilitarán identificar y realizar el rastreo y monitoreo de la población humana afectada, migración poblacional y población con posibilidad de transmitir la enfermedad por transfusiones sanguíneas, manipulación de instrumentos clínicos, manipulación de animales; infraestructura favorable o desfavorable que incrementa la población vectorial, zonas geográficas aptas para el asentamiento humano con ausencia de vectores, presencia animal doméstica y silvestre infectada o no infectada, presencia de vectores infectados o no infectados, control y vigilancia epidemiológica realizada por los métodos físico, químicos y bilógicos, presencia de flora y fauna que prepara el ecotopo para la presencia del vector.



Figura 1. Modelo de Vigilancia y control epidemiológico Inteligente. Imágenes Google. Fuente Elaboración propia (12/2018)

## CONCLUSIONES

El Mal de Chagas, según la OMS, es una de las enfermedades desatendidas por la falta de compromiso político, y responsabilidad social, a lo que se puede añadir el aporte económico para la solución de esta problemática.

Del primer objetivo específico de la tesis que es conocer el proceso sistemático, ordenado y planificado de observación, medición y registro de variables respecto a la evolución o variación de la enfermedad de Chagas, se concluye que:

La enfermedad de Chagas en la actualidad sigue constituyendo una causa importante de enfermedad y muerte prematura, cuyo tratamiento si es detectado oportunamente en fase aguda (poco probable), se lograría la solución del caso.

-Que aún se necesitan mejores regímenes farmacológicos y ensayos farmacológicos rigurosamente realizados para permitir el manejo eficaz de la infección crónica por *T. cruzi*. Entre los adelantos terapéuticos medicamentosos se viene evaluando en su eficacia y seguridad, el posaconazole, considerado como un

buen candidato para el tratamiento de la forma amastigote intracelular del *T. cruzi*, en asintomáticos crónicos.

-En cuanto al segundo objetivo específico planteado que es, establecer la magnitud y distribución en los espacios geográficos del vector, perdurabilidad de las estrategias de control de los insectos vectores domiciliarios, peridomiciliarios y silvestres, la población humana afectada y la relación del medio ambiente:

-Es necesario considerar nuevas estrategias para las áreas consideradas endémicas, donde la reinfección de las viviendas y la resistencia a los insecticidas es cada vez más evidente.

-Las zonas con infestación selvática extensa, como la cuenca del Amazonas, donde la eliminación de los vectores en esas zonas es casi imposible, se deben implementar y mantener nuevos métodos para prevenir la transmisión vectorial y oral.

-A pesar de iniciativas puestas en acción en algunos países de América Latina desde 1991, donde se encuentra el número mayor de casos humanos con tripanosomiasis americana, relacionada con el progreso en el control y vigilancia epidemiológica de la infestación vectorial doméstica, persisten desafíos en las tareas a dar cumplimiento.

Respecto a la investigación realizada para dar respuesta al tercer objetivo de la tesis que se relaciona con, conocer las nuevas herramientas y su implementación en la vigilancia como formas de prevención, que posibilitan la reacción frente a la presencia del agente etiológico, afectación del huésped y situación del medio ambiente:

-Existen avances significativos, en la investigación científica la misma que está orientada a la detección o diagnóstico parasitológico, serológico, tratamiento farmacológico, control y vigilancia química vectorial; sino además son avances logrados en la elaboración de una vacuna con efecto preventivo.

-En relación a las nuevas herramientas web, algunas están dirigidas a desarrollar modelos de prevención y promoción en el abordaje de la cronicidad y en el seguimiento de patologías específicas útiles para el Mal de Chagas en la medida en que se apliquen; lo cual hace prever que los nuevos avances a largo plazo serán altamente beneficiosos.

Al concluir la investigación científica de la tesis doctoral, se puso énfasis en el cuarto objetivo establecido que es: Delinear un modelo de control y vigilancia epidemiológica inteligente, con manejo estructural de las tecnologías digitales, con las que se realice la descripción, análisis, evaluación e interpretación de la situación de la población humana, vectorial y del medio ambiente que mejore la problemática actual.

-Los estudios indican que se han venido construyendo modelos de avance en el entendimiento de los determinantes y condiciones del proceso salud enfermedad, los mismos que han sido de naturaleza teórica integral que replantean determinantes y condiciones añadidas con variables complementarias o de continuidad cronológica poniendo en consideración los paradigmas científicos; y que ponen en desequilibrio unos a otros modelos diseñados.

Si bien estos modelos de salud enfermedad, fueron descubriendo la situación de la salud, la problemática y posibles soluciones a aplicar, muchos de ellos sirvieron de base y en otros casos de sinergia para otros.

-Como Piaget plantea que la construcción, avance y progreso del conocimiento debe surgir de los desequilibrios y conflictos que se dan en cada fase del desarrollo; los

conocimientos no son acabados, ya que la lucha hegemónica del pensamiento se hace evidente, donde cada propuesta pretende dejar su huella llevando a la práctica lo aprendido en los espacios universitarios, por lo que en la presente investigación se plantea un nuevo modelo.

-Y también como plantea Popper K.(1994), en la crítica al criterio de verificación, es que uno de los problemas más importantes que debe afrontar la epistemología, esta, en la falsa idea de que existen fuentes de conocimiento con más autoridad que otras, que en ninguna ciencia hay verificación, ni inducción ni probabilidad y que se debe tener en cuenta que a través de cada fuente por la que pasa ese conocimiento hay un ser humano que interpreta los datos a la luz de sus conocimientos, su lenguaje, la sociedad que lo influye, etc.; y que el conocimiento científico al igual que todo conocimiento humano es conjetural, que el conocimiento del mundo no es posible verificarlo, sin embargo, es posible falsearlo (contradecir, negar, detectar errores) a partir de hipótesis que surgen de la indescifrable naturaleza humana, que está mezclada con las creencias, sueños, esperanzas, errores; por lo que se considera que es posible sustituir la idea de certidumbre en el progreso científico a partir de la acumulación enciclopédica de conocimiento, idea heredada desde Aristóteles, y comenzar a ver el desarrollo científico, a partir de hipótesis revolucionarias que pueden derrumbar viejas teorías, tras la búsqueda de una nueva verdad.

-Lo anterior dio paso a la construcción de un modelo de vigilancia y control epidemiológico del Chagas inteligente, sobre la base de que posibilitada la comprensión de la enfermedad, su prevención y tratamiento; aún hace falta realizar un proceso de continua adaptación a las nuevas realidades del Chagas que tienen relación con la situación rural, urbanización y globalización que hacen parte de las tecnologías digitales; tomando en cuenta los criterios de organismos internacionales basados en el desarrollo sustentable.

-El modelo se diseña aplicando la sinergia sobre la base de las tecnologías digitales dentro de las que se considera el Big data, los Sistemas de Información Geográfica, cuyos instrumentos acumulan datos altamente relevantes, para actuar en consecuencia de los mismos, en la aplicación de medidas que tienen relación con el control y vigilancia del Chagas.

-Los datos obtenidos con los Sistemas de Información Geográfica y sensores remotos, que se utilizan para almacenar y analizar datos colectados en terreno y para el uso de nuevos enfoques analíticos, ayudarían a mejorar la eficiencia de las actividades de control vectorial en el terreno; porque la persistencia de la infestación de las viviendas es un proceso difícil de revertir, aun cuando el tratamiento químico sea realizado por personal con alta capacitación técnica (Gurtler et al., 2004, referido por Gorla D y cols. 2005); siendo posible a través de métodos de estadística espacial que requieren de la localización geográfica de los datos de terreno, resaltando la importancia de almacenar la información en una base de datos espaciales; lo que se considera significativo y útil para la construcción del modelo de la presente tesis.

-El acceso a las bases de datos, es posible a través del desarrollo de una página en red latinoamericana y global, con la información obtenida en terreno para darle el manejo acertado y en lapsos acelerados de tiempo, para tomar las medidas pertinentes relacionadas con el control y vigilancia epidemiológica de la enfermedad de Chagas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Añez N., Gladys Crisante & Maximiliano Romero Supervivencia e infectividad de formas metacíclicas de *Trypanosoma cruzi* en alimentos experimentalmente contaminados Boletín de malariología y salud ambiental Vol. XLIX, Nº 1, Enero-Julio, 2009
- Bacigalupo, A, Cattan, P. (2017). Distribución espacial de vectores de *Trypanosoma cruzi*.
- Bern C, Montgomery SP. An estimate of the burden of Chagas disease in the United States. Clin. Inf Dis 2009;49:e52-e54.
- Buekens P, Almendares O, Carlier Y, et al. Mother –to-child transmission of Chagas disease in North America: why don't we do more? Matern Child Health J. 2008;12:283-286.
- BID (2013). Chagas diagnóstico y tratamiento control y vigilancia vectorial.
- Castellano A. 2017. Tendencias actuales y perspectiva futura en inteligencia ambiental. Jaén España.
- BID. Programa regional para el control de la enfermedad de Chagas en América Latina.
- College of veterinary medicine. Tripanosomiasis Americana (2009). (Enfermedad de Chagas). Enfermedad de Chagas, Tripanosomiasis del Nuevo Mundo, Tripanosomiasis Sudamericana, Mal de Chagas, Enfermedad de Chagas-Mazza. Iowa State University USA.
- Cravero C, Brunazzo F, Willington A. (2011). Sistema de vigilancia en Chagas facilitado por tecnologías de información. Revista de Salud Pública, (XV) 2:56-69, dic.
- Crescente J. A., Valente S. A. S., Valente V. C. & Araújo J. A. (1992). Ocorrência de 4 casos agudos de doença de Chagas na vila de Icoaraci-PA. Ver. Soc. Brás. Méd. Trop. 25 (Suppl. 1): 29 (res.062).
- Crisante G., Rojas A., Teixeira M. M. G. & Añez, N. (2006). Infected dogs as a risk factor in the transmission of human *Trypanosoma cruzi* infection in western Venezuela. Acta Trop. 98: 247-254.
- Crocco L y cols. (2002). Enfermedad de Chagas y sus vectores. Córdoba – Argentina.
- Díaz F. 2016. Jean Piaget y la teoría de la evolución de la inteligencia en los niños en Latinoamérica
- DGE-MPPS (2007). Vigilancia de enfermedad de Chagas. Guía para el diagnóstico, manejo y tratamiento de enfermedad de Chagas en fase aguda a nivel de los establecimientos de salud. 1era. Edición. Caracas, Venezuela.
- Edwards, Morven S, Stimpert, Kelly K; Montgomery, Susan P. Abordar los desafíos de la enfermedad de Chagas : una preocupación emergente de salud en los Estados Unidos mayo de 2017 - Volumen 25 - Número 3 - p 118-125.
- Guhl, F. (2005). Memorias del Primer Taller Internacional sobre Control de la Enfermedad de Chagas. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 2 - 6 de mayo de 2005 435 pp.
- Guhl F, Lazzdins-Helds J. Reporte del grupo de trabajo científico, sobre la enfermedad de Chagas (2005). Actualizado en julio de 2007. Buenos Aires, Argentina. Programa Especial de Investigaciones y Enseñanzas sobre Enfermedades Tropicales (TDR), patrocinado por UNICEF / PNUD / Banco Mundial / OMS.
- Gorla D, Porcasi X, CataláS. (2005). Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos como Herramientas en los Programas de Control Vectorial de la Enfermedad de Chagas
- Herrer A. (1960). Distribución geográfica de la enfermedad de Chagas y de sus vectores en el Perú
- InDRE. (2015). Lineamientos para la vigilancia epidemiológica para la vigilancia epidemiológica de la enfermedad de Chagas por laboratorio. Ed. 1°, México.
- Manual de atención integral del Chagas en zona rural. Bolivia. 2016
- Magallón-Gastélum E. Distribución de los vectores de la enfermedad de Chagas (Hemíptera: Reduviidae: Triatominae), en el estado de Jalisco, México. Rev. bioméd 1998; 9:151-157.
- Malta J. (1996). Doenca de Chagas. Edit. Sarvier. Sao Paulo Brasil.

- Morillo C. Waskin H, Sosa s, et al. Benzinidazole and Posaconazole in eliminating parasites in Asyntomatic *T. cruzi* Carriers. The stop-Chagas trial J of Amer Coll of Cardiol. Vol69, N° 8, 2017.
- Navarro, M. (2011). Inteligencia ambiental: entornos inteligentes ante el desafío de los procesos inferenciales Eidos: Revista de Filosofía de la Universidad del Norte, núm. 15, julio-diciembre, pp. 184-205
- Noireau F. 1999. La enfermedad de Chagas y sus particularidades epidemiológicas en Bolivia. pdf.
- OMS. (1991). Control de la enfermedad de Chagas. Informe del Comité de Expertos.
- Parra-Henao, G. Sistemas de información geográfica y sensores remotos. Aplicaciones en enfermedades transmitidas por vectores CES Medicina, vol. 24, núm. 2, julio-diciembre, 2010, pp. 75-89. Colombia.
- Pinto J, Rodrigues J. (2013). La Globalización y la Enfermedad de Chagas. Informativo n.3 – plataforma de investigación clínica en enfermedad de Chagas – Rio de Janeiro.
- Ponce C. (2003). Prioridades y tendencias en el diagnóstico serológico de la enfermedad de Chagas. OPS.
- Programa de Acción Específico. (2014). Prevención y control de la Enfermedad de Chagas 2013-2018, primera edición. México, D.F.
- Quintero Valdés A, Moreno F, Chaveco N, Martinez A. (2003). Potencialidades de los recursos geográficos para la investigación en salud. Rev. Cubana de Salud Pública. 29:4
- Ramos, v.; García-Santesmases, P.; De Miguel-Bilbao, S.; García, J.; Roldán, J.; Falcone, F.; Azpilicueta, L.; Marcos, M.D.; Bardasano, J.L.; Ubeda, A.; Martínez, M.A.; Cid, M.A.; Chacón, L.; Trillo, M.A.; García-Santesmases, M.; Ed. Ramos, V., (2013). "Innovación tecnológica para la salud y la seguridad electromagnética personal". Unidad de Investigación en telemedicina y e-Salud- Instituto de Salud Carlos III, Madrid.
- Ramírez N, Silva L, Kiriakos D, Rodríguez A. Enfermedad de Chagas en Venezuela: Un bosquejo de su impacto sobre la salud pública. *Acta Científica Estudiantil* 2004;2(4):148-156.
- Rangel JA, Monreal LA, Ramsey JM. Community resilience and Chagas disease in a rural region of Mexico. *Rev Saude Publica*. 2016 Aug 4;50:46.
- Rojas, K. (2015). Mal de Chagas y factores geográficos. Propuesta de zonificación del riesgo epidemiológico, municipio Araure, Estado Portuguesa. Venezuela Terra Nueva Etapa, vol. XXXI, núm. 50, julio-diciembre, pp. 109-129 Universidad Central de Venezuela Caracas, Venezuela
- Rojas De Arias A, Arias F , Dorigo D, Vega Gómez M C , Monteiro M , Romero Matos A, Rolón M , Casanova P , Gaona F , Schaerer C. (2014). De la idea al producto: tras los pasos de la vinchuca en el chaco paraguayo.
- Sanchez A., Bivona A, Malchiodi E. (2017). Engineered trivalent immunogen adjuvanted with a STING agonist confers protection against *Trypanosoma cruzi* infection npj Vaccines 2, Article number: 9.
  - Sanmartino, M. 100 años de Chagas (1909-2009): revisión, balance y perspectiva. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 68 (3-4): 243-252, 2009
  - Sanmartino, M. (2015). Hablamos de Chagas: aportes para repensar la problemática con una mirada integral. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, (CONICET), 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires
  - Torrico F<sup>1</sup>, Alonso-Vega C, Suarez E, Rodriguez P, Torrico MC, Dramaix M, Truyens C, Carlier Y. Maternal *Trypanosoma cruzi* infection, pregnancy outcome, morbidity, and mortality of congenitally infected and non-infected newborns in Bolivia. *Am J Trop Med Hyg*. 2004 Feb;70(2):201-9.
  - Zabala, J. La enfermedad en su laberinto: avances, desafíos y paradojas de cien años del Chagas en Argentina. *Salud colectiva* vol.8 supl.1 Lanús nov. 2012.

## WEBGRAFIA

Prado A. Lamas N. Fundamentos de informática.

- <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/ CUADERNOS%20DE%20CA TEDRA/Ana%20Maria%20del%20Prado/ApunteDeCatedralinformatica.pdf>. Consulta 27/06/2018.
- Liu Q and Zhou X Preventing the transmission of American trypanosomiasis and its spread into non-endemic countries. *Infect Dis Poverty*. 2015; 4:60. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4693433/>
- Olea A. Zoonosis y Enfermedades de Transmisión Vectorial. *El Vigía electrónico* 25, 2007; volumen 10 (25): 52. <http://epi.minsal.cl/epi/html/elviglia/Vigia25.pdf> . Consulta: 26/01/18
- Padilla J, Lizarazo F, Murillo O, Mendigaña F, Pachón E, Vera M. Epidemiología de las principales enfermedades transmitidas por vectores en Colombia, 1990-2016. *Biomédica* 2017;37 (Supl.2):27-40. Transmisión de las ETV en Colombia, 1990-2016. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.3769>. Consulta 26/01/2018
- [https://www.google.com/search?biw=1093&bih=530&tbo=isch&sa=1&ei=QmMMW7alJYvazwLwzY3gAQ&q=distribuci%C3%B3n+de+la+transmisi%C3%B3n+vectorial+en+Latinoam%C3%A9rica+al+2018&oq=distribuci%C3%B3n+de+la+transmisi%C3%B3n+vectorial+en+Latinoam%C3%A9rica+al+2018&gs\\_l=img.3...5946.7853.0.8407.8.8.0.0.0.0.210.1286.0j5j2.7.0....0...1c.1.64.img..1.0.0....0.n\\_zOdZtFimI#imgrc=ffRlij8j\\_4DZ3M](https://www.google.com/search?biw=1093&bih=530&tbo=isch&sa=1&ei=QmMMW7alJYvazwLwzY3gAQ&q=distribuci%C3%B3n+de+la+transmisi%C3%B3n+vectorial+en+Latinoam%C3%A9rica+al+2018&oq=distribuci%C3%B3n+de+la+transmisi%C3%B3n+vectorial+en+Latinoam%C3%A9rica+al+2018&gs_l=img.3...5946.7853.0.8407.8.8.0.0.0.0.210.1286.0j5j2.7.0....0...1c.1.64.img..1.0.0....0.n_zOdZtFimI#imgrc=ffRlij8j_4DZ3M): Consulta 28/05/2018
- Sanidad del Futuro, enlace <http://www.udima.es/es/sanidad-futuro-Healthinteligencia-ambiental> Consulta 20/05/2018
- Arce-Vega R, Ángeles-Llerenas A, Villegas-Trejo A, Ramos C. Adherencia al tratamiento terapéutico en pacientes con enfermedad de Chagas del Estado de Morelos. *Revista biomédica*, 2017, 1, 28. <http://revistabiomedica.mx/index.php/revbiomed/article/view/561> Consulta 08/06/2018
- Siete razones por las que Europa debe ocuparse del Chagas. [EL PAÍS](#), 14 ABR 2015. [https://elpais.com/elpais/2015/04/10/album/1428681804\\_082993.html#foto\\_gal\\_1](https://elpais.com/elpais/2015/04/10/album/1428681804_082993.html#foto_gal_1)
- Chagas, una enfermedad estigmatizante que podría ser erradicada. Actualidad humanitaria abril 2018. <https://actualidadhumanitaria.com/chagas-una-enfermedad-estigmatizante-que-podria-ser-erradicada/>
- Información general: Enfermedad de Chagas. 19 de Septiembre de 2016. [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5856%3A2011-informacion-general-enfermedad-chagas&catid=3591%3Achagas-disease&Itemid=0&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=5856%3A2011-informacion-general-enfermedad-chagas&catid=3591%3Achagas-disease&Itemid=0&lang=es) Consulta 30/06/2018
- La enfermedad de Chagas (trípanosomiasis americana) 1 de febrero de 2018 [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chagas-disease-\(american-trypansomiasis\)](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chagas-disease-(american-trypansomiasis)) consulta 07/07/2108
- Molina, L., Salvador, F., & Sánchez-Montalvá, A. (2016). Actualización en enfermedad de Chagas. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 34(2), 132-138. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2015.12.008>
- Toso M, A., Vial U, F., & Galanti, N. (2011). Transmisión de la enfermedad de Chagas por vía oral. *Revista médica de Chile*, 139(2), 258-266. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872011000200017>
- Objetivos de Desarrollo Sostenible. <http://www.nu.org.bo/Consulta 19/08/2018>.
- La quimera de una vacuna contra la enfermedad de Chagas. 10/04/2017. [www.Cnicet.gov.ar](http://www.Cnicet.gov.ar) Consulta 22/10/2018
- Epidemiología modelos de salud enfermedad Lifschitz [http://www.Academia.edu/8467110/Epidemiologia\\_modelos\\_de\\_salud\\_enfermedad](http://www.Academia.edu/8467110/Epidemiologia_modelos_de_salud_enfermedad) Consulta 26/10/2018
- Hernandez Sampieri R. (2014) Metodología de la investigación. [http://www.academia.edu/6399195/Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_5ta\\_Edition\\_Sampieri](http://www.academia.edu/6399195/Metodologia_de_la_investigacion_5ta_Edition_Sampieri)
- Popper K. Conjeturas y refutaciones.

<https://elartedepreguntar.files.wordpress.com/2009/06/popper-karl-conjeturas-y-refutaciones.pdf>

García Jiménez, R. Teoría general de sistemas y complejidad, en Contribuciones a las Ciencias Sociales, Febrero 2014, [www.eumed.net/rev/ccss/27/teoria-sistemas.html](http://www.eumed.net/rev/ccss/27/teoria-sistemas.html)

Morin E. Introducción al pensamiento complejo.

[http://cursoonlineasincostoedgarmorin.org/images/descargables/Morin\\_Introduccion\\_al\\_pensamiento\\_complejo.pdf](http://cursoonlineasincostoedgarmorin.org/images/descargables/Morin_Introduccion_al_pensamiento_complejo.pdf)

---

### **Research Article**

TAU e-Journal of Multidisciplinary Research

<https://tauniversity.org/journal/tau-journal-multidisciplinary-research>

Trabajo de investigación desarrollado en el marco del Doctoral Program (PhD) in Pharmacy (2018), TECANA AMERICAN University, of the USA.

Recibido el: 8 de Noviembre de 2018

Aprobado el: 11 de Enero de 2019

Vol.: 11

Nro.:1

---