

TECANA AMERICAN UNIVERSITY

Doctoral Program in Pharmacy



**VIGILANCIA Y CONTROL EPIDEMIOLÓGICO
INTELIGENTE DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS
(En aplicación en América Latina, con énfasis en Bolivia)**

Cursante: Dra. Elba Viviana Yúgar Flores Ph.D./Post-doctor

**“Por la presente juro que soy la única autora del presente
Anteproyecto y que su contenido es fruto de mi trabajo, experiencia e
investigación académica ”**

La Paz, Noviembre de 2018

Nuevo día-nuevo amanecer, nuevas pasiones-nuevas sensaciones, nuevas ilusiones-nuevas esperanzas, nuevas alegrías-nuevas emociones, nuevas oportunidades-nuevos desafíos, nuevas realidades-nueva comprensión del mundo; nuevas ganas de seguir caminando tras la búsqueda de nuevos conocimientos prontos a ser transformados. ¡Que nada resulte inalcanzable!

Elba Viviana Yúgar Flores

DEDICATORIA

A la población que necesita ser atendida en sus necesidades, para alcanzar un espacio con mayores expectativas de vida plena de salud, en el planeta.

A l@s ciudadan@s interesados en el conocimiento científico de la problemática de salud que afecta a una considerable población, con expansión global.

La Autora

AGRADECIMIENTO

A los miembros de la *Tecana American University* de la que siento orgullo, por hacerme parte de espacios de reconocida trayectoria formativa científica con una visión de logro de entes pensantes con pensamiento expansivo y así ser favorecida con el apelativo de “*MENTE BRILLANTE*”.

A las Universidades y otros centros de formación profesional e investigación científica del mundo, de los cuales tengo la oportunidad de ser parte integrante en la etapa formativa, de actualización, profundización e intercambio de conocimiento científico, y que me hacen componente fundamental de cada una de las mismas; a las que hago extensivo mi reconocimiento y expresión de agradecimiento.

A mi familia, madre y herman@s que, incansablemente ansían ver a l@s integrantes de la misma, en continua contribución al conocimiento científico, siempre con pertinencia social.

La Autora

CONTENIDO	
INDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y MAPAS.....	VII
GLOSARIO DE ABREVIATURAS ACRÓNIMOS	VIII
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del Problema	3
Formulación del Problema.....	8
1.2. Justificación	9
1.3. Objetivos de la tesis	
1.3.1. Objetivo General.....	
1.3.2. Objetivos Específicos	13
CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO	13
2.1. Tipo de investigación.....	
2.2. Delimitación temática, espacial y temporal.....	14
Delimitación Temática.....	15
Delimitación Espacial.....	15
Delimitación Temporal.....	15
Limitaciones	15
Matriz de operacionalización de variables	15
CAPITULO III. MARCO REFERENCIAL	16
3.1. Fundamentos teóricos	
3.1.1. Evolución o variación de la enfermedad de Chagas y el contexto bioecológico	18
3.1.2. Estudio Geo epidemiológico del vector, la población humana afectada y su presencia en el medio ambiente	25
3.1.3. Del vector y su distribución geográfica	29
3.1.4. Magnitud y distribución del vector su perdurabilidad en los espacios geográficos de las estrategias de control	32
3.1.4.3. Bases epidemiológicas del control vectorial	35
	37

3.1.4.4. Control vectorial y su evolución.....	44
3.1.4.5. Estrategias para mantener las viviendas libres del vector y su interrupción	45
3.1.4.5.1. Control químico.....	46
3.1.4.5.2. Control físico	
3.1.5. Población afectada por el Mal de Chagas, medio ambiente y prevención	
3.1.5.1. Población según situación geográfica y su distribución en América Latina	53
3.1.5.2. Relación del medio ambiente y la enfermedad de Chagas	
3.1.5.3. Vigilancia epidemiológica como forma de prevención	57
3.1.5.4. Avances en la prevención mediante la utilización de vacunas	62
	68
CAPITULO IV. MODELOS DE CONTROL Y VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA	63
4.1 Nuevas herramientas y su implementación en la vigilancia y control vectorial	66
4.2. Modelos de control y vigilancia del Mal de Chagas	
4.2.1. El modelo de enfoque de riesgo	69
4.2.3. Modelo sistémico de control	71
4.2.2. Antecedentes para la construcción del Modelo integrado de control de la enfermedad	72
4.2.3.1. Exploración serológica/entomológica	73
4.2.3.2. Encuestas serológica y entomológica	74
4.2.3.3. Estratificación de riesgo, definición de prioridades y actividades de control	76
4.2.3.4. El control de la transmisión por vectores domiciliarios	
4.3. Tecnologías de la información y comunicación aplicadas en el sistema de vigilancia y control del Chagas	
CAPITULO V. DISEÑO DEL MODELO DE CONTROL Y VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA INTELIGENTE	
5.1. Escenarios para el control y vigilancia epidemiológica	79
5.2. La Inteligencia artificial y la aceleración de procesos de investigación aplicada en el modelo	80
.....	83
5.3. Objetivo del modelo	85
5.4. Modelo conceptual	85
5.4.1. Descripción del modelo conceptual y variables a considerar	89
CONCLUSIONES	95
BIBLIOGRAFIA	

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS	página
Figura 1. Distribución global de casos de Chagas según estimaciones oficiales y situación de la transmisión vectorial 2006 – 2010.	4
Figura 2. Flujo de migraciones de América Latina hacia regiones no endémicas para la enfermedad de Chagas	6
Figura 3. Enfermedades desatendidas: Enfermedad de Chagas. Transmisión por el principal vector.	
Figura 4. Frascos de jugo de majo, en Guayaramerin Beni Bolivia.	
Figura 5. Prevalencia del <i>T. cruzi</i> en embarazadas examinadas entre los periodos 2004 – 2016	21
Figura 6. Tasa de transmisión materno fetal con <i>T. cruzi</i> , en menores de 1 año 2004 – 2016	21
Figura 7. Mapa de riesgo de transmisión de enfermedad de Chagas en Bolivia	24
Figura 8. Siete razones por las que Europa debe ocuparse del Chagas.	26
Figura 9. Mapas de zonas de alta endemicidad de Chagas en Bolivia	27
Figura 10. <i>Triatoma infestans</i> en sus diferentes estados evolutivos	33
Figura 11. Municipios con nivel de infestación menor y mayor al 3%. 2011 – 2016	41
Figura 12. Viviendas de la región de Santa Cruz mejoradas	43
Figura 13. Promedio regional de infestación de las viviendas por el vector	44
Figura 14. Evolución de seroprevalencia por edad	52
Figura 15. Países endémicos para la enfermedad de Chagas	53
Figura 16. Triada de Leavell y Clark: agente etiológico, huésped y medio ambiente.	64
Figura 17. Epidemiología y administración de servicios de salud, OPS	65
Figura 18. Big data. Fuente Institute Health care informatics.	81
Figura 19. Redes sociales	81
Figura 20. Infraestructura de comunicación.	82
Figura 21. Tecnologías digitales parte de la vivienda inteligente	87
Figura 22. Modelo de Vigilancia y control epidemiológico Inteligente	88
TABLAS	
Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	16
Tabla 2. Fuente Añez N y cols. Venezuela 2009	22
Tabla 3. Especies según el grado de domiciliación.	36
Tabla 4. Cambios en los parámetros epidemiológicos y decrecimiento en la incidencia del Chagas desde la interrupción de la transmisión 1990, 2000, 2006.	38
Tabla 5. Indicador de colonización intradomiciliaria. 2011 – 2016. Bolivia	45
Tabla 6. Posibilidad de eliminación y tipo de vector del Chagas	49
Flujograma 1. Actividades de vigilancia entomológica.	59

Flujograma 2. Fallas de control vectorial.

60

Flujograma 3. Control vectorial en viviendas de pacientes en tratamiento
61

GLOSARIO DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS

HIV	Virus de inmunodeficiencia adquirida
OMS	Organización Mundial de la Salud
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
TICs	Tecnologías de la información y comunicación
SVC – TICs	Software de Tecnologías de la información y comunicación
I+D	Investigación más desarrollo
I+D+I	Investigación más desarrollo e innovación
FITO	Fibra al puesto de trabajo
TFE	Tecnologías fáciles esenciales
AVHRR	Advanced very high resolution radiometer (en inglés)
SIG	Sistema de información geográfica
NVDI	Índice de vegetación de diferencia normalizada
(PAHO)	Organización Panamericana de la Salud

RESUMEN

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

Para el logro del objetivo general se plantean objetivos específicos, donde el primero manifiesta 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. El segundo consiste en 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. El tercer objetivo orienta a evidenciar las nuevas herramientas y su implementación en la vigilancia como formas de prevención. Como cuarto objetivo, diseñar un modelo de control y vigilancia epidemiológica inteligente, con manejo estructural de las tecnologías digitales, y su descripción, análisis, evaluación e interpretación de la situación de la población humana, vectorial y del medio ambiente.

La investigación se da inicio con la identificación del problema de la investigación, el planteamiento, la formulación, justificación y objetivos. En el marco metodológico se exteriorizan los tipos de investigación aplicados que son exploratorio, descriptivo, documental y de modelación.

Como base fundamental investigativa, se da inicio con la evolución o variación de la enfermedad de Chagas y el contexto bioecológico, el estudio Geo epidemiológico del vector, la población humana afectada, su presencia en el medio ambiente, así como también la magnitud y distribución del vector su perdurabilidad en los espacios geográficos y las estrategias de control y prevención, en América Latina con énfasis Bolivia.

También, se distinguen los modelos de control y vigilancia epidemiológica pasada y reciente.

Tras la investigación, se concluye que con el diseño de la modelación teórica, con aplicación de tecnologías digitales, sistemas de información georreferenciada y Big data; cuyos instrumentos acumulan datos altamente relevantes, son con los que se intervienen en la aplicación de medidas relacionadas con el control y vigilancia de la enfermedad de Chagas.

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

ABSTRACT

The present scientific research work proposes as a general objective to design a model of control and intelligent epidemiological surveillance of Chagas (In application in Latin America, with emphasis on Bolivia); according to the advance of digital technology, which responds to the current problems, related to the epidemiological triad: etiological agent, host and environment.

For the achievement of the general objective specific objectives are stated, where the first one shows 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 consists of establishing the magnitude and distribution in the geographical spaces of the vector, the durability of control strategies for household, peridomiliary and wild vector insects, the human population affected and the relationship of the environment. The third objective aims to highlight the new tools and their implementation in surveillance as forms of prevention. As a fourth objective, design an intelligent epidemiological control and surveillance model, with structural management of digital technologies, and its description, analysis, evaluation and interpretation of the situation of the human, vector and environmental population.

The research begins with the identification of the research problem, the approach, the formulation, justification and objectives. In the methodological framework, the types of applied research that are exploratory, descriptive, documentary and modeling are externalized.

As a fundamental research base, the evolution or variation of Chagas disease and the bioecological context, the epidemiological study of the vector, the human population affected, its presence in the environment, as well as the magnitude and distribution of the vector its durability in geographic spaces and control and prevention strategies, in Latin America with emphasis on Bolivia.

Also, the models of control and past and recent epidemiological surveillance are distinguished.

After the investigation, it is concluded that with the design of the theoretical modeling, with application of digital technologies, georeferenced information systems and big data; whose instruments accumulate highly relevant data, are those that intervene in the application of measures related to the control and surveillance of Chagas disease.

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

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 máxime 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 aprovechamiento 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 de 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 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.

CAPITULO I. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

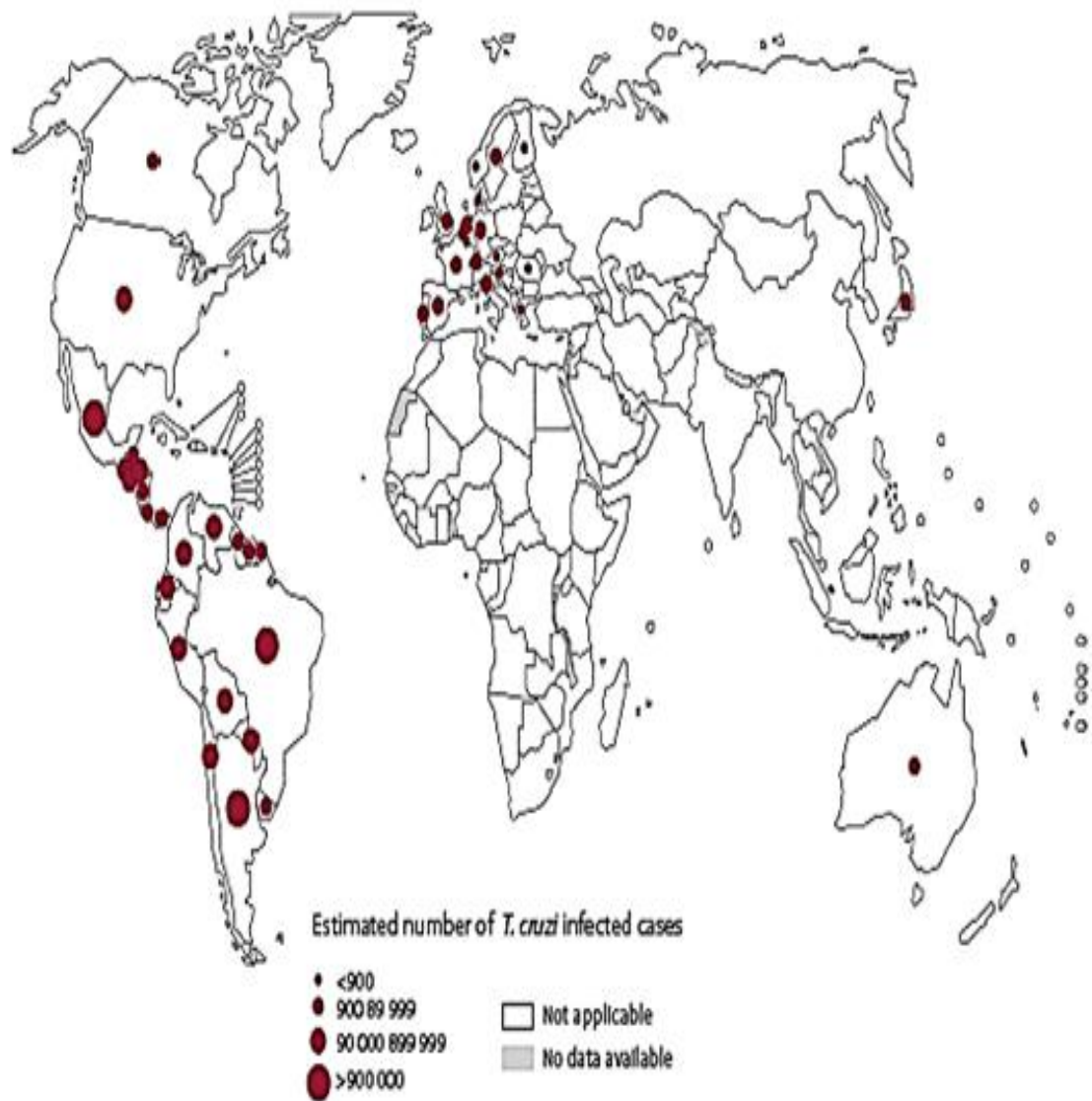
El estudio, investigación, origen y relación con los hechos que se fueron suscitando en la salud humana con la enfermedad de Chagas, data desde el descubrimiento confirmado por Carlos Ribeiro Justiniano Chagas, quien describió en Brasil 1909 al agente causal (el *Tripanosoma cruzi*), su posterior identificación 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 ocurre 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 *Trypanosoma 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.



Fuente: WHO, Sustaining the drive to overcome the global impact of neglected tropical diseases: sencod WHO report on neglected tropical diseases, enero 2013

Figura1. Distribución global de casos de Chagas según estimaciones oficiales y situación de la transmisión vectorial 2006 - 2010

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. La intensificación de la migración así como los cambios progresivos de la economía rural, fueron los que modificaron los patrones de la enfermedad, en términos de transmisión y acceso médico. En las últimas décadas, la enfermedad por la llegada a zonas urbanas y a países no endémicos, aumentó no sólo el riesgo de transmisión por transfusión, sino también la demanda médica y social de las personas infectadas.

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 que provoca esta enfermedad, puede infectar a una gran cantidad de mamíferos; sin embargo, entre los animales los casos clínicos se han registrado principalmente 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.

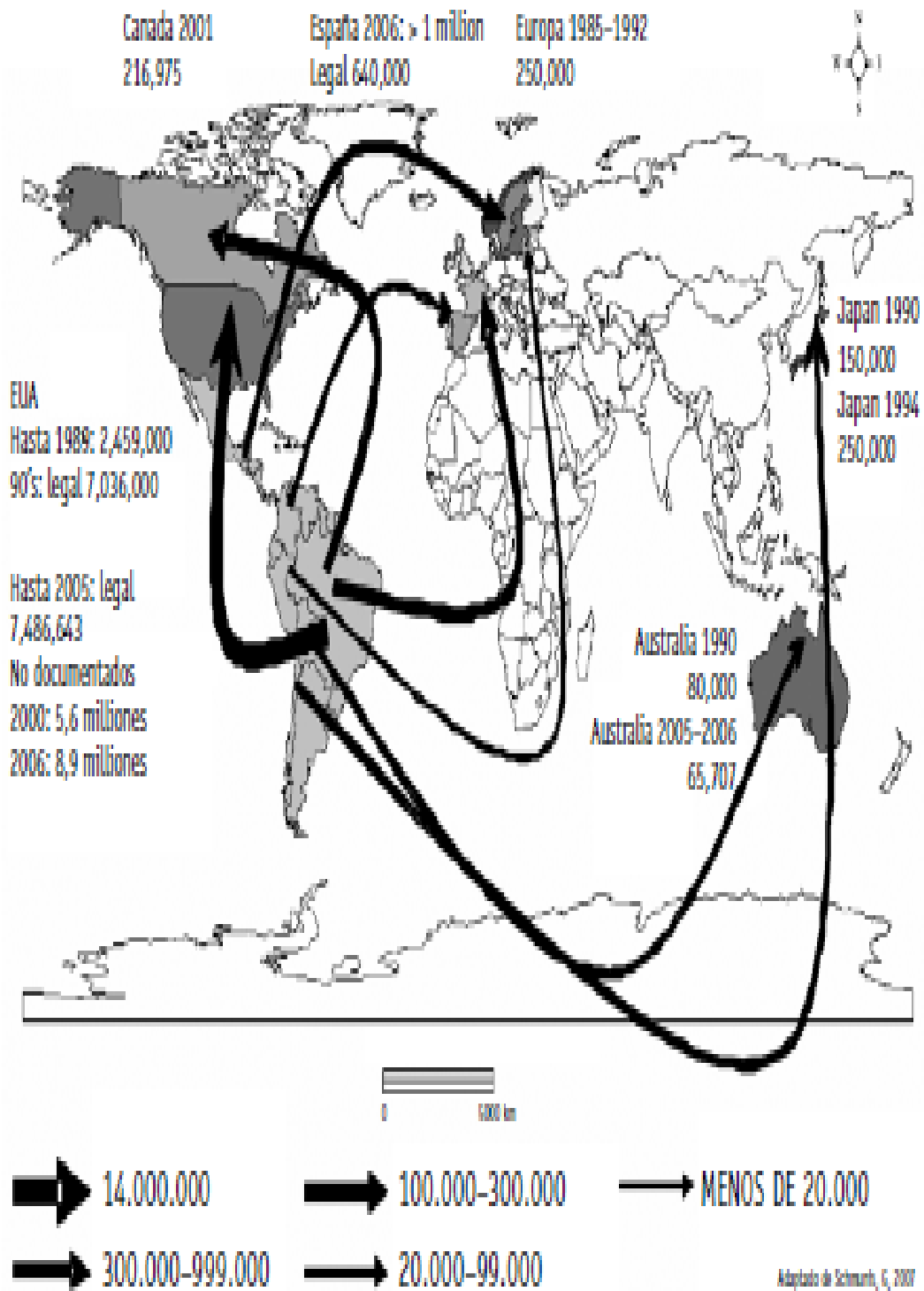


Figura 2. Flujo de migraciones de América Latina hacia regiones no endémicas para la enfermedad de Chagas (Schmunis G 2007) Fuente: OMS 2007

La figura muestra la situación de la migración, la misma que es 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.

En cuanto se refiere a 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 de 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.

1.1.1. 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 Triatomíneos), 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 en América Latina con énfasis en Bolivia?

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?

1.2. Justificación

La investigación se justifica en la medida en que en la actualidad, según la OMS (WHO. 2010), el Chagas se contempla dentro de la lista de las principales enfermedades desatendidas.

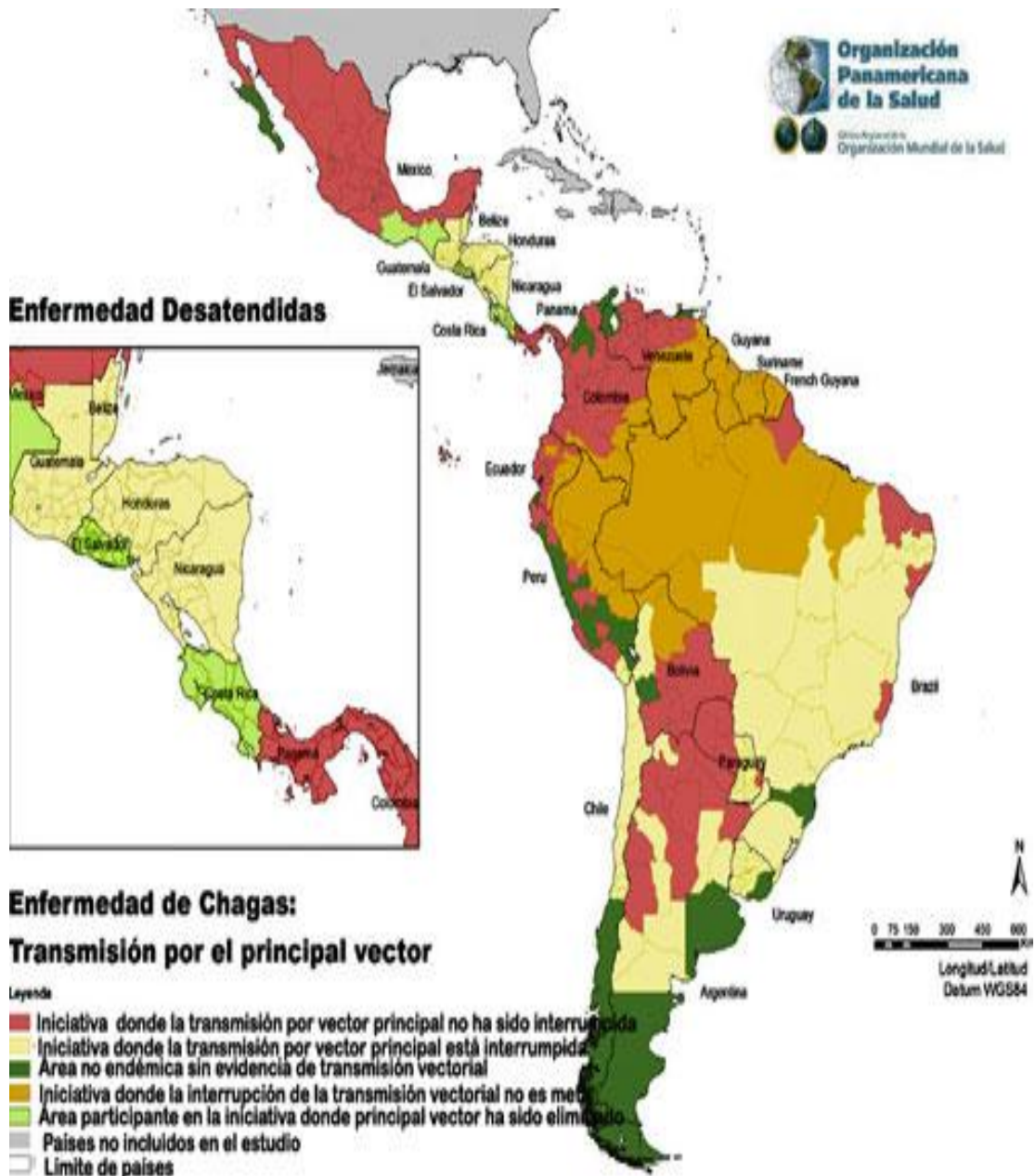


Figura 3. Enfermedades desatendidas: Enfermedad de Chagas. Transmisión por el principal vector. Sept. 2014. PAHO/HSD/CD/Enfermedades Desatendida. Fuente: Organización Panamericana de la Salud (PAHO).

La preocupación está latente, porque existen varias zonas de América donde la enfermedad está desatendida y la transmisión por vector no ha sido interrumpida, mostrando además según la figura, que existen países no incluidos en el estudio. Otro aspecto a considerar como motivo de investigación, es la elevada prevalencia, incurabilidad, grandes pérdidas económicas por incapacidad laboral y muerte repentina de personas aparentemente sanas.

La enfermedad de Chagas, es considerada (Zabala J. 2012), como una enfermedad que tiende a hacerse invisible en la actual atención médica; una enfermedad olvidada, y una constante en las agendas de las políticas públicas; con un relativo éxito en términos de combate del vector, y la persistencia de una realidad que favorece su desarrollo; la mayor población afectada, y el grupo social menos visible en términos de identificación y organización social por ser considerada como una enfermedad rural, pero a la vez un problema sanitario de zonas urbanas y una amenaza para países desarrollados. Por lo que, es importante el compromiso de la comunidad científica con la realidad social, hacia el conocimiento con un alto grado de avance y mejora de la realidad.

En algunos países de América del Sur tal el caso de Colombia (Padilla J y cols, 2016), aún desde el punto de vista epidemiológico, su comportamiento es endemoepidémico persistente y focalizado con amplia dispersión de patrones variables de intensidad; no es obligatorio notificar los casos reactivos sospechosos de enfermedad de Chagas, existiendo un sub-registro de síndromes de muerte súbita y de situaciones relacionadas.

La asociación de la ecología alterada y economía social injuriada hace de la presencia del Chagas intradomiciliario, de preferencia inicialmente rural, con traslado actual al área urbana y por la migración, ya no es considerada como preocupación americana, sino de orden global.

La persistencia, la aparición y la reaparición del Chagas transmitido principalmente por vectores resultan ser el resultado de una compleja, intensa y dinámica interacción de procesos sociales, económicos, políticos, culturales y biológicos que genera

diversos niveles de vulnerabilidad y receptividad en las zonas de transmisión y determina el tipo y el patrón de transmisión.

Las limitaciones relacionadas con la confiabilidad, la calidad y la oportunidad de la información, propias de los sistemas de vigilancia pasiva, puede llevar a subestimar la magnitud real de la enfermedad. Asimismo, el hecho de que la gran mayoría de casos notificados no se confirman por laboratorio, por su presentación clínica similar, o su presentación concomitante con otras enfermedades transmisibles prevalentes en las mismas zonas, aún genera dudas sobre la confiabilidad de la información real existente.

Según Carlos Morel, en la conmemoración de los 90 años que transcurrieron desde el descubrimiento del mal de Chagas, hizo notar que, no se tiene más remedio que ser imaginativo, flexible y desprejuiciado en la selección de las nuevas prioridades que den forma a las próximas agendas de investigación (Morel, 1999). Tal como afirman Briceño León & Galván (2007), que la respuesta de principios del siglo XXI a desarrollarse frente a la enfermedad de Chagas, no puede ser exclusivamente entomológica o médica, esto compete a todos los actores involucrados y a cualquiera de las disciplinas que abordan el tema Chagas. (Sanmartino 2009).

Los desafíos que aún son necesarios enfrentar (Lannes-Vieira *et al.*, 2009), a considerar son de orden epidemiológico, entre lo que destaca: el desarrollo de estrategias para mantener la vigilancia sostenible e integrada en las zonas que muestran patrones epidemiológicos diferentes, permitiendo la identificación de áreas prioritarias para la intervención; garantizar a los pacientes una atención integral adecuada y el acceso a los tratamientos disponibles; mejorar las herramientas para el diagnóstico temprano de la infección mediante el desarrollo de técnicas seroepidemiológicas; identificar y validar marcadores de pronóstico de la enfermedad, para apoyar intervenciones racionales, que evidencien la distribución geográfica de la enfermedad y su prevalencia.

Para Costa & Lorenzo (2009) las prioridades son el desarrollo de nuevas estrategias para explorar los rasgos biológicos y de comportamiento de los triatominos; acciones políticas continuas para mantener las actividades de seguimiento a largo plazo en las

áreas endémicas, evaluando la colonización y la reinfestación de los domicilios; una mayor atención dirigida a las nuevas especies de triatominos, que han surgido recientemente como una amenaza para la transmisión de la enfermedad de Chagas; la aplicación de un programa efectivo de educación, dirigido a las personas que viven en comunidades con alto riesgo de transmisión de Chagas; y la mejora de la capacidad profesional de los técnicos encargados de la ejecución de las acciones de control vectorial, son el paso crucial para hacer frente a los nuevos desafíos.

Sin embargo, además, la información comprobada puede contribuir a fortalecer el proceso de adopción de decisiones para optimizar el uso de los recursos y las herramientas de intervención disponibles para un manejo integrado y sostenible de los vectores, promoviendo aquellas intervenciones que, por separado o combinadas, respondan al conocimiento local sobre los vectores, tipo de enfermedad prevalente y sus factores determinantes.

Como el costo/beneficio, se constituye en parte de las pérdidas ocasionado por efecto del Chagas que afecta a la población más desposeída, es posible disminuir el mismo, promoviendo la creación de sinergias de actuación en cuanto a la prevención en los diferentes países donde principalmente existe la presencia del vector, así como los pacientes que presenten la infección; considerando el avance de la ciencia y la aplicación de tecnologías digitales, que irán tras la mejora de la calidad de vida, hacia el incremento de las expectativas de vida de las personas afectadas y disminución de las pérdidas en el área productiva laboral humana.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo de control y vigilancia epidemiológica inteligente del Chagas (En aplicación en 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.

1.2.2. 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.

CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de Investigación

Los Tipos de Investigación a aplicar, para obtener el conocimiento (Hernández Sampieri R. 2014), según el nivel de la misma, serán:

Según la profundidad del conocimiento:

- Exploratoria, para conocer el tema sobre los antecedentes de la enfermedad y los que son aplicados al control y vigilancia epidemiológica relacionados con el Chagas.

- Descriptiva, que permite describir variables relacionadas con el comportamiento epidemiológico de la enfermedad de Chagas, en correspondencia a la triada afín con el agente etiológico, el huésped y medio ambiente.

Según el diseño:

- Documental y de análisis, sobre la base de revisión bibliográfica que permita recopilar información para efectuar un análisis y desagregación de la información material, como parte del fundamento teórico de la investigación científica.

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 que darán 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.

Entre las estrategias a aplicar serán las que den respuesta a las interrogantes planteadas en la investigación.

Delimitación temática, espacial y temporal

Delimitación Temática.

La investigación se construye, sobre la base del conocimiento de la vigilancia y control epidemiológico actual, sobre la cual la aplicación de tecnologías permita la construcción de un modelo teórico inteligente que contribuya a la solución de la problemática relacionada con el desconocimiento de variables que hacen de la enfermedad.

Delimitación Espacial

El estudio comprende la situación de la región de América Latina y en profundidad del estado plurinacional de Bolivia.

Delimitación Temporal

Los antecedentes destinados al manejo de estadísticas, aportes investigativos u otros en orden a la investigación; serán los comprendidos entre el año 2009 a 2017.

Limitaciones

Falta de coordinación oportuna con la universidad.

El Factor tiempo y cumplimiento de actividades; sobre la base del control y cumplimiento establecido en el cronograma de actividades.

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Objetivos	Dimensiones		Indicador
			Subdimensión	
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 enfermedad de Chagas	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.	Nivel epidemiológico	Evolución o variación epidemiológica del Chagas	Presencia o ausencia de variación de la situación del 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.	Nivel estadístico	Investigación estadística sobre la triada epidemiológica : vector, huésped y medio ambiente	Hallazgo de información sobre la problemática del Chagas.
	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.	Escenario socio-económico	Capacidades adquiridas sobre el control y vigilancia epidemiológica	Situación de la zona latinoamericana y de Bolivia.
	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	Modelación	Modelo de control y vigilancia epidemiológica inteligente	Control y vigilancia con manejo estructural de las tecnologías digitales

Tabla 1. Elaboración propia. 2018.

CAPITULO III. MARCO REFERENCIAL

3.1. Fundamentos teóricos

Se construyen sobre la base del conocimiento previo, para la construcción de un conocimiento nuevo; que da paso al aporte investigativo científico.

3.1.1. 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 protozoo *Trypanosoma 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, es una de las zoonosis parasitarias más importantes en América Latina, 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 *Tripanosoma 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 evacua 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 mismas que se encuentran en diferente localización y son morfológicamente diferentes, entre los que se encuentran: 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 triatominos.

Una vez que el hombre es portador de la enfermedad de Chagas, puede transmitir la infección a otros seres humanos por vía transplacentaria, por transfusiones sanguíneas o por trasplantes de órganos. Para que se cause por estos mecanismos de transmisión, no es necesaria la presencia del vector.

La tripanosomiasis americana, se transmite además, a 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.

Una vía de transmisión no vectorial, es la transplacentaria, que 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 la carencia de programas de detección obligatoria.

El ser humano también puede adquirir la enfermedad de Chagas por vía oral de varias formas: la ingestión directa accidental de heces infectada del vector o del vector mismo infectado presente contaminando alimentos; una de las investigaciones realizada en Brasil, atribuidas a la infección oral por *T. cruzi* (Crescente et al., 1992; Valente et al., 2001).

En Venezuela, un evento impactante estaba relacionado con un brote agudo ocurrido en una comunidad urbana de la región capital, involucrando escolares presuntamente infectados por consumo de jugos contaminados con *T. cruzi* posiblemente provenientes de ejemplares triatomínicos con infección naturalmente adquirida (DGE, MPPS, 2007). Escasa información existe sobre la supervivencia de *T. cruzi* en alimentos normalmente ingeridos en áreas de transmisión activa y aunque previamente es sospechado en áreas de alta prevalencia (Crisante et al., 2006), el poco y más reciente conocimiento que se tiene al respecto está referido a formas de cultivo del parásito contaminando algunos alimentos experimentalmente expuestos (Añez & Crisante, 2008). También, (Añez, Crisante y Romero 2009), demuestran que los tripomastigotes metacíclicos de *T. cruzi* provenientes del tracto intestinal de *R. prolixus*, pueden sobrevivir períodos de 10 horas o más en alimentos sobre los cuales se ha producido una contaminación, 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, detectándose, además, que en la muestra de agua de coco los mismos 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 odoríferas perianales del reservorio más difundido de la enfermedad de Chagas en Latinoamérica, *Didelphis marsupialis*, cuando estos mamíferos deambulan en cocinas abiertas contaminando alimentos con sus secreciones.

El consumo de carnes o de la sangre cruda de animales infectados con *T. cruzi*, es otra forma de transmisión.

Una forma menos probable, es a través de la leche materna, sin embargo, ya existen casos descritos de infección por *Tripanosoma cruzi* por vía oral durante la lactancia materna. Cuando la infección ocurre por transmisión oral, la presentación clínica será la de un cuadro agudo, con el desarrollo de una miocarditis grave, siendo de alta mortalidad y presentando peor pronóstico mientras menor sea la edad del paciente. (Toso, 2011)

Existen evidencias tanto de la sobrevivencia de *Tripanosoma cruzi* en bebidas como jugo de caña, leche como de la infección experimental de animales por vía intragástrica. Añez, Crisante y Romero (2009), experimentalmente descubren la capacidad infectiva que conservan los tripomastigotes metacíclicos de *T. cruzi* luego de pasar hasta 6 horas contaminando la leche que se usó para alimentar ratones lactantes, lo cual reveló la infección por *T. cruzi* en todos los animales expuestos.

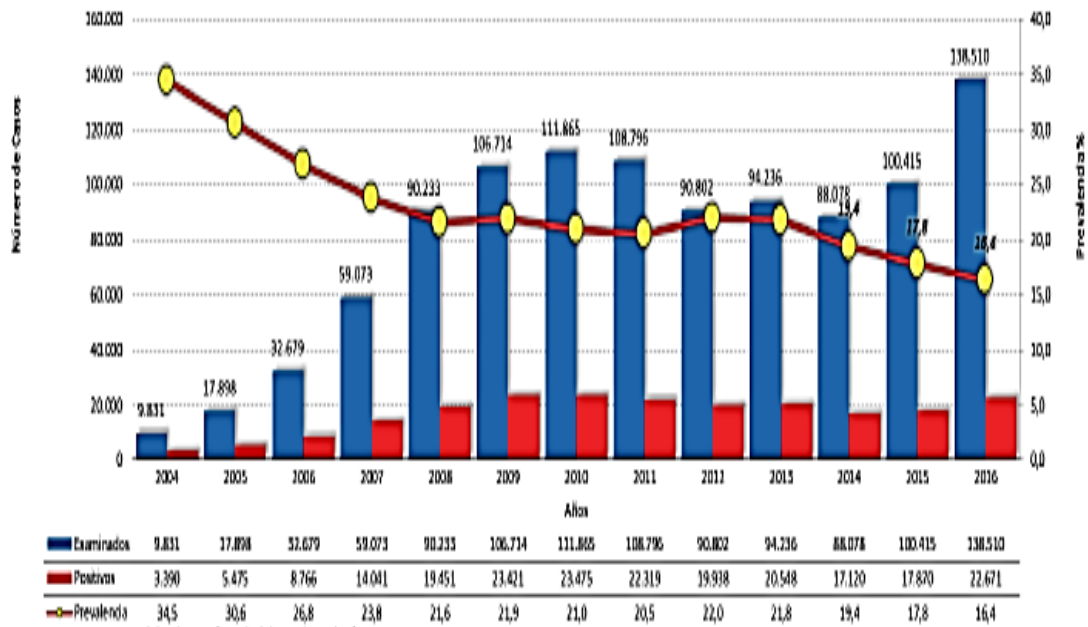
Una fuente común de presencia infectiva por vía oral del Chagas en Bolivia, es el jugo de majo proveniente del jugo del fruto recolectado de palmeras con abundancia en la Amazonía, cuyo reporte por transmisión oral en Guayaramerin departamento del Beni, ascendieron a 14 casos de parasitemia detectable con compatibilidad de infección aguda por *T. cruzi*. Sin embargo, en el transcurrir del tiempo los casos se incrementaron sobrepasando los 170.000 al 2015 y el porcentaje de tratamiento alcanzó al 10% en el 2015, algo disminuida en comparación al 2010 que alcanzaba al 25%.



Producción casera de jugo de Majo Guayaramerín-Beni
INLASA-PAPASITO

Figura 4. Frascos de jugo de majo, en Guayaramerín Beni Bolivia. Fuente: Chagas 2016

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



Fuente: Programa Nacional de Chagas - Ministerio de Salud

Figura 5. Prevalencia del *T. cruzi* en embarazadas examinadas entre los periodos 2004 – 2016

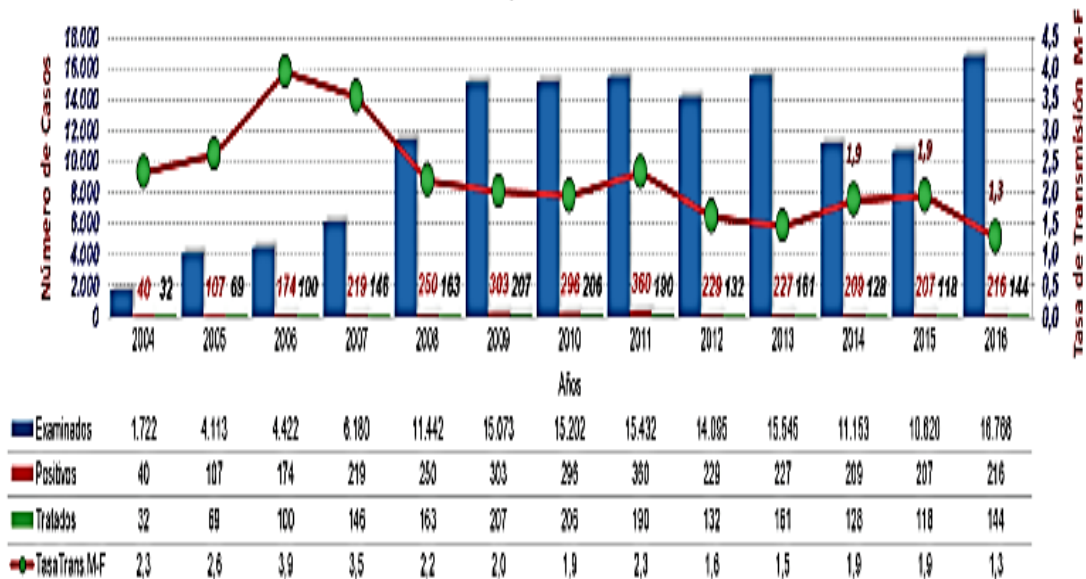


Figura 6. Tasa de transmisión materno fetal con *T. cruzi*, en menores de 1 año 2004 - 2016

Lo anterior, demuestra la alta capacidad infectiva de los tripomastigotes metacíclicos y la conservación de su típica agresividad al mostrar abundantes formas tripomastigotes circulantes en diferentes medios, como forma de presencia infectiva, invasión y expansión en el medio ambiente.

Supervivencia de metacíclicos de *Trypanosoma cruzi* en alimentos contaminados experimentalmente.

Muestra	Presentación de la muestra	Detección de metacíclicos a diferentes tiempos (horas)				
		1	3	6	10	18
Tomate	Jugo	+++ MA	NO	+++ MA	NO	NO
	Porción	NO	++ MA	NO	++MA	CON
Cambur	Jugo	+++ MA	NO	+++ MA	NO	CON
	Porción	NO	++ MA	NO	PM	CON, PM
Melón	Jugo	+++ MA	NO	+++ MA	NO	NO
	Porción	NO	++ MA	NO	++MA	CON
Lechoza	Jugo	+++ MA	NO	+++ MA	NO	NO
	Porción	NO	++ MA	NO	++MA	NO
Papa	Porción	NO	++ MA	NO	+MA	NO
Agua de coco	Fluida	+++ MA	+++ MA	+++ MA	++ MA	++MA
Leche	Fluida	+++ MA	+++ MA	++MA	CON	NO

+: Detección de metacíclicos en la muestra; MA: Metacíclicos activos
 NO: No observado; PM: Parásitos muertos; CON: Contaminación

Tabla 2. Fuente Añez N y cols. Venezuela 2009

La importancia epidemiológica considerado como factor de riesgo, según se muestra en la tabla, está en que los alimentos de consumo humano en áreas rurales donde la enfermedad de Chagas es endémica y existe la existencia de vectores domiciliados o provenientes de eco-topos peri domésticos o selváticos que albergan el *T. cruzi* en su tracto intestinal, podrían convertirse en un factor de riesgo de contaminación; y considerando la capacidad de supervivencia de las formas metacíclicas infectivas sobre estos alimentos, pudiera considerarse un riesgo latente de infección para el humano consumidor, resultando con la posibilidad de mayor frecuencia y eficacia de transmisión que la misma transmisión vectorial.

El estudio sobre el contexto bio-ecológico, del cual surge la enfermedad, se vincula profundamente a la forma de vida de las personas y a la historia natural del agente etiológico, al reservorio en cuyo interior está circulando el parásito entre los que se identificaron a los mamíferos y vectores como hospedadores intermedios, presentándose en diferentes escenarios silvestres del continente. La afectación de la tripanosomiasis al ser humano denominado como ciclo doméstico, la migración de personas, ausencia de la calidad de viviendas con presencia característica de altamente pobres y diversas situaciones de carácter antrópico, hicieron del mal de Chagas un mal endémico.

En el siglo pasado, el fenómeno de la globalización influenció cambios importantes en el paisaje endémico de la región, dando paso a la urbanización y la migración internacional de las personas infectadas, aumentando el riesgo de la enfermedad de Chagas humana, en otras latitudes del mundo, por lo que hoy ya es de riesgo global. Desde 1999 a 2009, transcurrieron cien años desde las primeras publicaciones realizadas por Chagas respecto a la enfermedad que lleva su nombre, en el transcurso de los mismos reconocen que se produjeron muchas equivocaciones como aquellas de asociar la presencia del parásito con enfermedades distintas a las que producía. A la fecha, a pesar de ser una de las endemias más expandidas del continente (OMS, 2007), las cifras que se tienen en la actualidad, no representan de manera confiable la magnitud real del problema, por la falta de registros reales, aún deficiente 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 expertos las cifras que se dieron a conocer por 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 permite conocer a

cabalidad si la vigilancia epidemiológica aplicada o a ser aplicada incide en el mejoramiento de la situación del problema.



■ Área aproximada de riesgo de transmisión vectorial

Fuente: Adaptación de Mapa de riesgo de Chagas. Bolivia 2001. En: Análisis de situación de salud de Bolivia 2004. Ministerio de Salud y Deportes/Organización Panamericana de la Salud. Disponible en: <http://saludpublica.bvsp.org.bo/ass/>

Figura 7. Mapa de riesgo de transmisión de enfermedad de Chagas en Bolivia

El riesgo de contraer el mal de Chagas en Bolivia, según se observa en el mapa, son en 6 de los 9 departamentos, entre los cuales están parcialmente La Paz, Cochabamba, Potosí; y Chuquisaca, Tarija y Santa Cruz. La emergencia de la aparición de casos en la población de los departamentos nunca antes considerados endémicos muestran la probabilidad de que la población humana pueda infectarse

por la constante migración de zonas no endémicas a otras consideradas endémicas; también por brotes de transmisión oral por la presencia de vectores silvestres. Esto, refleja aún la importancia de investigación científica que dé solución a la problemática.

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

Al tornarse la enfermedad peculiar según la localización, varían las tasas de prevalencia, manera de transmisión, vectores y reservorios además de la patología clínica.

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, muchas veces sin poderse hacer escuchar y reclamar su derecho a ser tratados. Silenciada, porque la magnitud del problema no está claro y no hay consenso en torno a las cifras.

El avance en cuanto al control desde los años 90, ha sido significativo. En términos de lucha y control vectorial se ha conseguido buenos resultados, llegando a interrumpir la transmisión en algunas zonas avanzando bastante en el control en los bancos de sangre, siendo el gran reto pendiente el control y la prevención del Chagas congénito. A pesar de que entre 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 en los países donde la enfermedad está presente.

La muestra de la estimación del número de personas con la enfermedad de Chagas; que revela un elevado número de población afectada en América Latina, considerada como zona endémica, se ve ilustrada por el mapa de casos estimados de Chagas en el orbe. Además, de la muestra de la presencia en países europeos, asiáticos, australianos, cuyas poblaciones principalmente son de naturaleza migratoria.



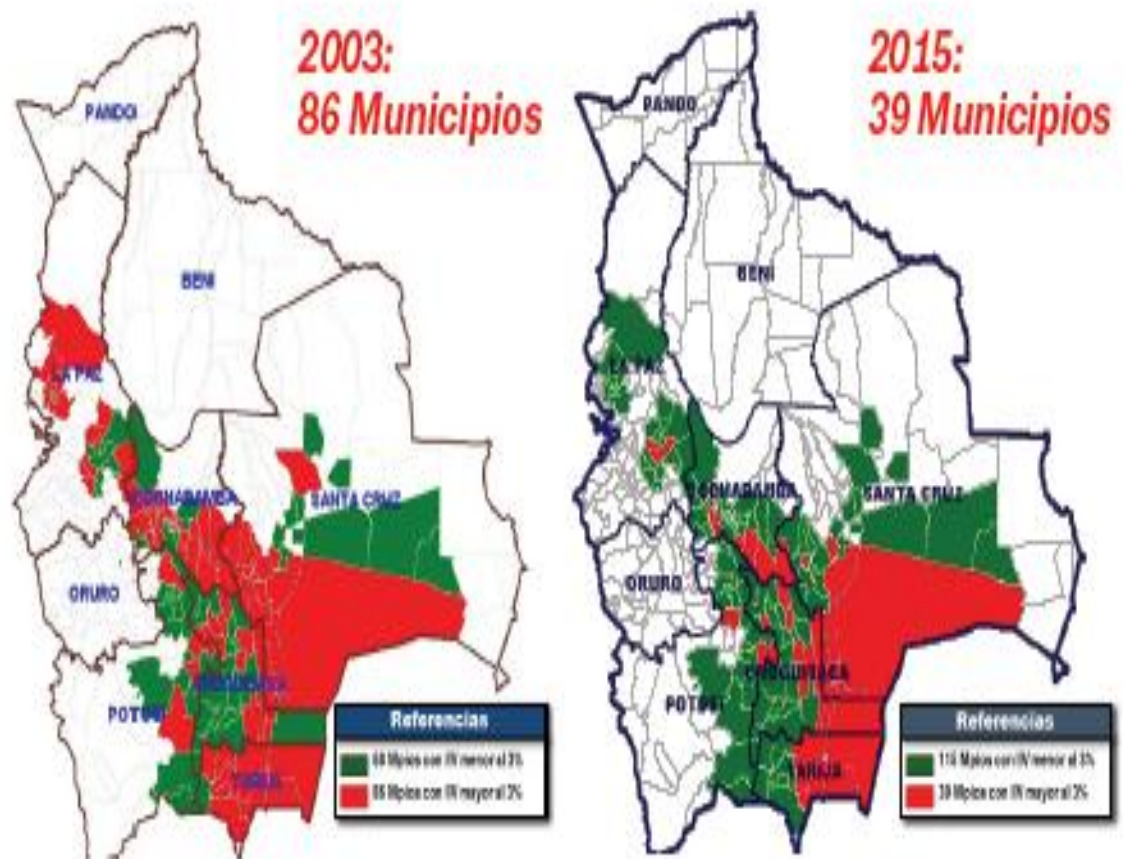
Figura 8. Siete razones por las que Europa debe ocuparse del Chagas. Fuente: [EL PAÍS](#), [ABR 2015](#).

Bolivia, se estima que es el estado plurinacional 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, los que 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, siendo el 30% de desarrollo cardíaco y aproximadamente el 10% de forma digestiva o mixta; reportada por PNCH 2015 y publicada en Chagas 2016.

La forma más frecuente de transmisión es vectorial, y menos frecuente por vía congénita, por vía oral, por vía transfusional y trasplante de órganos.



Fuente: Programa Nacional Chagas Bolivia.

Figura 9. Mapas de zonas de alta endemicidad de Chagas en Bolivia

Según el programa nacional de Chagas de Bolivia, las zonas consideradas de mayor endemicidad disminuyeron, de 86 municipios afectados a 35 municipios; del 2003 al 2015; lo cual es un avance significativo para las poblaciones afectadas por el mal de Chagas, que también tendrán tendencia a disminuir.

En cuanto a la voluntad política para interrumpir la enfermedad de Chagas, en 2010, la OMS emitió una recomendación para que los países integren la atención de pacientes de Chagas en los sistemas de atención de salud. En 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 por parte de los actores claves para combatir la enfermedad. Al 2015, a cinco años del plazo fijado, los resultados en términos de tratamiento no fueron suficientes. Por lo que el compromiso político debe sustentarse mediante acciones aún más concretas que resulten en un aumento del número de pacientes tratados.

3.1.3. Del vector y su distribución geográfica

Investigaciones realizadas para identificar al insecto vector como portador del parásito *Tripanosoma cruzi*, que ocasiona la enfermedad de Chagas; fueron realizados por Arthur Neiva, siendo uno de los primeros trabajos sobre el vector (Chagas, 1909; Neiva, 1910; Ábalos & Wygodzinsky, 1951; Lent, 1999). Chagas, 1909, realizó la descripción del vector haciendo 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 han sido 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).

Las especies que colonizan las viviendas humanas son aquellas principalmente consideradas como las más importantes, localizadas en ambientes domésticos y peridomésticos de las zonas rurales, semirurales y periurbanas de varias regiones de Latinoamérica.

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 algunas de sus características mencionando la presencia de un aguijón casi invisible con que pican, y tan delicadamente que no se siente de noche después de apagada la lumbre o cuando bajan por las paredes o del techo, se dejan caer a peso sobre el rostro o cabeza del que duerme. Las que bajan, pican en las piernas, se dejan caer en la cabeza y el rostro; mencionando además la torpeza de sus patas que son largas y delgadas y 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, se tiene referencia a que la vinchuca fue la que incomodaba a los viajeros que se trasladaba de Mendoza a Buenos Aires; pero no fue vista en Río de la Plata; relataba como un escarabajo de cuerpo oval y muy aplastado, que se hinchaba como la uva cuando chupaba la sangre; que una vez digerida la arroja, manchando la ropa blanca donde deja una mancha indeleble. Sale de noche, los individuos alados pueden alcanzar cinco líneas de largo y vuelan, lo que no hacen los pequeños, desprenden un fuerte olor de chinche cuando se los aplasta.

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).

Entre otros exploradores y naturalistas están Fray Fernando Rodríguez Tena, el comerciante inglés Samuel Haigh, los capitanes ingleses Francisco Bond y Andrews, Sir Edmundo Temple, el Dr. Federico Mayer Arnold, el naturalista alemán Karl Hermann Konrad Burmeister y, Pablo Mantegazza, los que en sus diarios de viaje hacen referencia a los triatomíneos domiciliarios.

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 varios de los viajeros que realizaron expediciones a lo largo de América del Sur, según Lent (1999).

Mantegazza (médico, escritor y antropólogo italiano) fue el que prevenía a los viajeros, indicando que deben llevar una hamaca con gruesos clavos y dos argollas para protegerse de los insectos terrestres y de las vinchucas, que chupan tanta sangre, es necesario huir de las casas, albergarse bajo las plantas, y encomendarse por el resto a la divina providencia. (Ábalos & Wygodzinsky, 1951).

Otro de los investigadores fue Charles Darwin, que 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. Además, existe la probabilidad que Darwin murió de cardiopatía chagásica si se tiene en cuenta tanto su relato como su deceso por insuficiencia cardíaca congestiva (De Haro, 2003; Paya & Domic, 2008). Carlos Chagas, investigador perteneciente al equipo del Dr. Oswaldo Cruz (Río de Janeiro), estando 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 comienza con su trabajo en el que menciona a *Triatoma rubrovaria* Blanchard y *Neotriatoma circummaculata* Stal. Posteriormente Berg (1879) nombra *Triatoma infestans* Klug, *N. circummaculata*, *T. sordida*, *Panstrongylus güntheri* Berg.

Estudios realizados por Pirajá da Silva y Brumpt (prestigioso parasitólogo francés que se encontraba en una misión en San Pablo), que continuaron, fueron los que alertaron sobre el papel de las heces del vector en la transmisión del parásito (Zabala, 2007). Siguieron los trabajos relacionados con la distribución de triatominos y su infección con el *Trypanosoma cruzi* realizados por Niño (1928) y Mazza *et al.* (1931).

Investigaciones realizadas en Argentina realizado por Del Ponte (1930) y un estudio sobre los índices de infestación del *Triatoma infestans*, realizado por Dios *et al.* (1937) con el propósito de poder definir las zonas donde estos invertebrados estaban intensamente parasitados por el *T. cruzi*, considerando que con esto tal vez se facilitaría la búsqueda de nuevos portadores humanos (Zabala, 2007).

Investigaciones a ser consideradas como las contribuciones principales para el conocimiento de los triatomos argentinos, fueron por Del Ponte (1929, 1930) que describió al *Triatoma eratyrusiforme*, *T. breyeri* y *T. patagonica*, además de otras especies foráneas; Mazza, Jörg y colaboradores, en numerosos trabajos que se citan en la bibliografía de Ábalos & Wygodzinsky (1951), aportaron datos sobre sistemática, biología, morfología y epidemiología de estos insectos; Romaña y Ábalos (1947) y Wygodzinsky y Ábalos (1949), describieron dos nuevas especies: *Triatoma delpontei* Romaña & Ábalos y *Triatoma guasayana* Wygodzinsky & Ábalos, respectivamente.

Lent & Wygodzinsky (1979), publicaron las especies de Triatominae, distribuidas en tribus y géneros, compilando un total de 110 especies ilustradas o fotografiadas con descripciones detalladas y referencias sobre el ciclo de vida y el hábitat en la naturaleza.

Las especies de vinchucas descritas en Chile Apt y cols (2008), como vectores de la enfermedad de Chagas, son dos. De las cuales una de las más importantes, es el vector doméstico: *Triatoma infestans*, y la otra es la especie silvestre *Mepraia spinolai* ex *Triatoma spinolai*. Otra especie a confirmar es de naturaleza silvestre conocida como *Mepraia gajardoi*. Las especies silvestres han sido halladas en el desierto costero entre los 18° y 26° de latitud S.

En México según el Programa Sectorial de Salud 2013-2018 (2014), se han identificado 39 especies de las cuales por lo menos 21 de ellas se han hallado infectadas con *Tripanosoma cruzi* por lo que son considerados vectores potenciales; las especies de mayor importancia epidemiológica son: *Triatoma barberi*, *T. dimidiata*, *T. pallidipennis* (*Meccus pallidipennis*), *T. longipennis* (*Meccus longipennis*), *T. mazzotti* (*Meccus mazzotti*), *T. mexicana*, *T. gearslaeckeri*, *T.*

picturata (*Meccus picturatus*), *Rhodnius prolixus*, *Dipetalogaster maxima* y *Panstrongylus spp*

El vector en Bolivia, está presente en aproximadamente el 60% del territorio, en la zona geográfica comprendida entre las altitudes de 300 a 3000 msnm, de las que hacen parte la amazonía, los valles interandinos y el Chaco

3.1.4. Magnitud y distribución del vector su perdurabilidad en los espacios geográficos de las estrategias de control

3.1.4.1. Características del vector

Para efectos de identificación y conocimientos del portador del parásito es necesario recordar sus características.

Los triatomíneos, son artrópodos alados, hematófagos. Presentan 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* presenta la cabeza alargada y las antenas localizadas en la parte anterior. *Triatoma* con antenas en el punto medio y *Panstrongylus megistus* tiene la cabeza corta y las 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 *Tripanosoma cruzi* morfológicamente presenta cuatro formas evolutivas que son: el amastigote (intracelular), epimastigote, tripomastigote, y tripomastigote metacíclico. Según Apt. W. y cols. 2008, por medio del análisis de ADN se ha podido revelar la existencia de esquizodemas que, al igual que los zimodemas, se pueden asociar con comportamientos biológicos particulares de los parásitos.



Figura 10. *Triatoma infestans* en sus diferentes estados evolutivos Fuente: Metodos de diagnostico parasitologico E. Yúgar 98

La investigación de 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 biotemas. 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 Hemiptera

Familia Reduviidae

Subfamilia Triatominae

Las especies, principales se encuentran geográficamente distribuidas como sigue:

Triatoma infestans, presente en el Cono Sur y Perú

Triatoma brasiliense, localizado en el Nordeste de Brasil.

Panstrongylus megistus, presente en Nordeste y Centro sur de Brasil

Triatoma dimidiata, vigente en Colombia, Ecuador, Venezuela, América Central y México.

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

En Bolivia y en Paraguay *Triatoma infestans*, se encuentran largamente dispersos y *Panstrongylus megistus* en focos considerados pequeños. Mientras que *Triatoma sordida* está localizado 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) *Triatoma infestans* y *Triatoma 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 el elevado número de picaduras que ocurren.

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 ecótopos 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 Africa, Asia y Australia y no es vector de la enfermedad de Chagas.

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

En México datos reportados por el programa sectorial de salud (2014) los estados con notificación de casos con enfermedad de Chagas con mayor número son: Veracruz (17.9 %), Yucatán (14.8 %) y Oaxaca (14.5%)

3.1.4.2. Estrategias de control de los insectos vectores domiciliarios, peri domiciliarios y silvestres

El reconocimiento y el olvido han marcado la historia del Chagas; por lo que, 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.

Además, discutida la problemática 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 insectos 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.

3.1.4.3. Bases epidemiológicas del control vectorial

La enfermedad de Chagas es muy poco susceptible al control, porque la enfermedad es considerada como una enzootia, existe una diversidad de reservorios animales que se constituyen en fuente potencial de infección; a los que se añade los factores determinantes de naturaleza económica y social, sobre las cuales las intervenciones sanitarias inicialmente no tienen ninguna influencia ni eficacia.

En el campo de la aplicación biológica, no existen vacunas ni medicamentos que den respuesta eficaz y oportuna.

La única posibilidad de control es reducir o suprimir el contacto del humano con el vector infectado, cuya eficacia se debe a los atributos propios de los insectos como la escasa movilidad y poca capacidad de dispersión activa, la reposición de la población vectorial que es lenta ya que las nuevas generaciones se desarrollan en un año, todos los estadios evolutivos del vector se encuentran presentes simultáneamente en el mismo ecotopo.

Para el control del vector domiciliario, es importante considerar las especies que intervienen en la transmisión, tener en cuenta el grado de vulnerabilidad de las

diferentes especies a las medidas de control; ya que las especies será más vulnerable cuanto mayor sea su adaptación a la vivienda humana.

Los vectores autóctonos, deben ser distinguidos de los que colonizan o no la vivienda, siendo su capacidad vectorial variable dependiendo de la antropofilia, condición determinante para la formación de colonias intradomiciliarias

Categorización de los vectores de la enfermedad de Chagas, según especie, tipo, vulnerabilidad al control y grado máximo de control			
Especie de vector	Género y especie	Vulnerabilidad	Grado máximo de control
Introducida	Triatoma infestans (Cono Sur) Rhodnius prolixus (Centroamérica)	Plena	Eliminación
Autóctona Con capacidad vectorial comprobada (colonizan frecuentemente el interior de los domicilios)	Triatoma dimidiata	Parcial	Agotamiento de la colonización intradomiciliaria
Con capacidad vectorial limitada (predominantemente peri-domiciliares, esporádicamente colonizan el interior de los domicilios)	Triatoma sordida	Parcial	Impedimento de la colonización intradomiciliaria
Con capacidad vectorial muy limitada (hallazgo eventual en el ambiente domiciliar, sin colonización)	Varios	Limitada	Impedimento o restricción de las posibilidades de ingreso al domicilio

Tabla 3. Especies según el grado de domiciliación. Fuente: BID. Silveira A.

La importancia de las diferencias existentes de la capacidad de los vectores está en que, las especies domiciliarias y la reinfestación de una unidad domiciliaria solo se

dará desde otros ecotopos existentes en la zona o por reintroducción desde otros ecotopos distantes. Las especies autóctonas pueden colonizar reiteradamente el domicilio desde ambientes silvestres, por lo que no son fácilmente eliminadas. Su eliminación puede darse por medio de tratamiento químico, evitando que se formen nuevas colonias.

En el caso de vectores visitantes, se puede reducir su presencia mediante la protección física de las viviendas, siendo difícil interferir los ecotopos naturales y el ciclo enzoótico de transmisión.

3.1.4.4. 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 mismas que contribuyeron en la interrupción y transmisión de la enfermedad; siendo Brasil, Chile y Uruguay países en los que se tenía declarada libre de transmisión de la enfermedad de Chagas por el vector, donde se encontraba el vector principalmente de tipo domiciliario en esos países.

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). El número de casos nuevos congénitos por año es 14.385.

Epidemiological parameters	1990	2000	2006
Annual deaths	>45,000	21,000	12,500
Cases of human infection	30 million	18 million	15 million
New cases per year	700,000	200,000	41,200
Population at risk	100 million	40 million	28 million
Number of countries	21	21	21

Tabla 4 Cambios en los parámetros epidemiológicos y decrecimiento en la incidencia del Chagas desde la interrupción de la transmisión 1990, 2000, 2006. Fuente: TDR, PAHO, WHO.2007.

Para efecto de explicar el fracaso en el control del Chagas y las posibles soluciones, se han exteriorizado dos posturas (Zabala J. 2012). Una de las posturas desde el punto de vista eminentemente científicista y tecnocrática, que 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 postura, 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.

Las limitaciones estructurales exceden a la voluntad de los propios actores implicados para que esos conocimientos producidos puedan ayudar al objetivo último del control definitivo. Tal el caso de la investigación científica, donde el

Chagas no asume como norte la erradicación de la enfermedad sino la promoción del conocimiento asociado a ella; las políticas que llegan a reflejar resultados parcialmente exitosos, aunque luego no se den los procesos necesarios (desarrollo de nuevas drogas por parte de laboratorios, puesta a punto de nuevas técnicas para su administración masiva).

El progreso del control vectorial en Latinoamérica (OMS 2007), ha sido muy variable. Algunos países, como Brasil, Chile y Uruguay, han logrado eliminar *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 sobre las especies blanco necesitan ser intensificadas. Siendo en parte, el desconocimiento de las características biológicas de las poblaciones de 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 que obedecen a la falta de presupuesto disponible para los programas de control, 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 triatomíneos 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 triatomíneos 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. Este aspecto requiere de investigación y desarrollo de nuevas herramientas y estrategias.

La detección de los focos de reinfestación, constituye otra línea de investigación a profundizarse, en especial, en lo referente a la pesquisa en ecotopos silvestres relacionados espacial o funcionalmente con las viviendas.

En cualquiera de los casos expuestos, se deben ejercer acciones de vigilancia entomológica, adelantadas de manera continua y regular y de forma técnica, correcta y adecuada a cada una de las situaciones.

Además de considerar los datos entomológicos como sugestivos del corte de la transmisión; también, la confirmación depende de estudios de seroprevalencia en la población humana, en grupos de baja edad, que sería un indicativo del corte de la transmisión vectorial.

Las estrategias de control a aplicar establecido en Honduras (Ponce C. 2003); fue que con participación activa de la comunidad, retomar experiencias de modelos de participación comunitaria existentes y adaptarlos al componente de la enfermedad de Chagas. De acuerdo al comportamiento del vector, 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), según los avances, la investigación se concentra en el área de la prevención y el control: genética y bioquímica del parásito, pruebas diagnósticas confiables, desarrollo de nuevos medicamentos, genética de poblaciones de vectores dirigidos hacia la planeación y evaluación de programas de control.

En los últimos diez años, por efecto de una exitosa interrupción de la transmisión vectorial y transfusional de la infección por *Trypanosoma cruzi*, la incidencia se ha reducido dramáticamente en todo el continente americano, logrando crear conciencia de que la enfermedad de Chagas se ha globalizado a causa de las migraciones hacia países no endémicos.

En cuanto se refiere a la transformación de los ecosistemas, los cambios ambientales, como 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, generando 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 perteneciente al departamento de Potosí que comprende las 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.

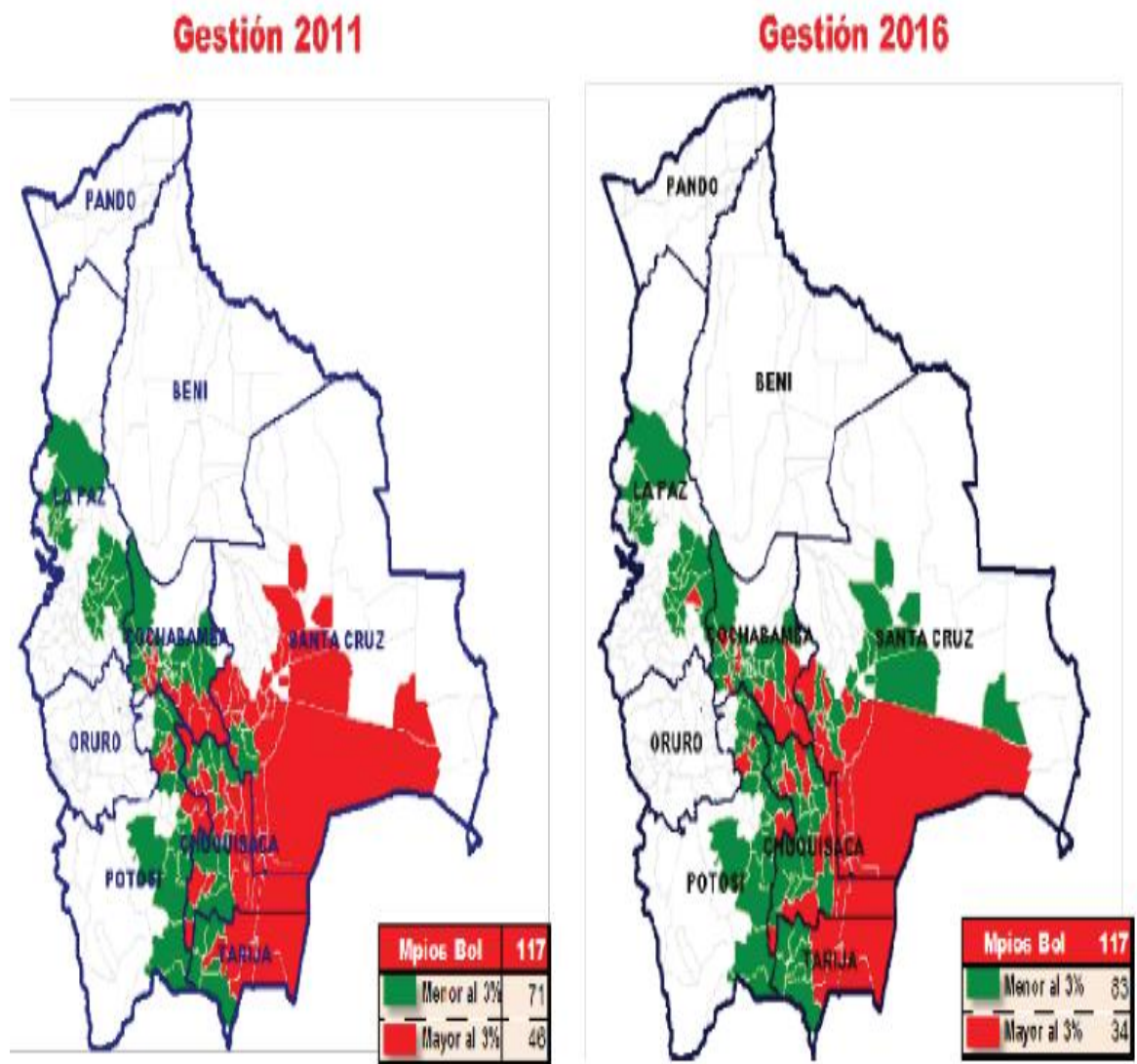


Figura 11. Municipios con nivel de infestación menor y mayor al 3%. 2011 – 2016

Fuente: Programa nacional de Chagas. Ministerio de salud 2016.

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.

En lo que concierne a los aspectos sociales, culturales y económicos, constituían el hábitat ideal del vector transmisor de la enfermedad de Chagas. Además, la zona era considerada una de las más deprimidas por lo que, se tenía el propósito de promover el desarrollo del área a través de un conjunto de acciones e inversiones sectoriales destinadas a incrementar los niveles de ingreso, productividad y empleo de la población beneficiaria mediante la producción agrícola (crédito, extensión agropecuaria y asistencia técnica); los servicios sociales (educación, salud pública-Chagas).

El proyecto se desarrolló en el transcurso de 13 años de intervención ininterrumpida en la región (1986-1998) cuyos resultados tuvieron relación con la ocupación, tenencia de la tierra y escolaridad cambios generales que resultan del apoyo del proyecto en su conjunto: la producción mejoró substancialmente, la calidad de los productos incrementó, lo que permitió mayores precios en el mercado la experiencia ganada en la comercialización y el fortalecimiento a la organización campesina. En educación, se logró disminuir substancialmente el ausentismo escolar y mejorar la capacidad de aprendizaje y la asistencia de las mujeres a las escuelas.

La mejora de las viviendas contribuyó a la logro de vivienda con calidad, así el 81% fue considerada de mala calidad al inicio del proyecto no tenían revoque o tenían uno con muchas grietas techos eran 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 sus perros, gatos, gallinas y conejos, (Figura 1); y al final del mismo un 75% de las viviendas realizaron acciones de revoque, colocado de tumbados, arreglo de los corrales de animales y otras acciones dirigidas a fortalecer el control vectorial.



Figura 12. Viviendas de la región de Santa Cruz mejoradas (Foto y edición Yúgar E. 07/2018)

Estos aspectos estaban íntimamente ligados a la presencia del vector de la enfermedad de Chagas, *Triatoma infestans*, que encuentra en esta zona su hábitat ideal, que confería a la enfermedad de Chagas un lugar con la principal endemia de la región.

En cuanto al vector, *Triatoma infestans* fue reportado como único de la región. Al inicio del proyecto, el 65% del área del proyecto era considerada como endémica por la presencia del vector; la vinchuca fue detectada en el 85% de las viviendas, tanto en intradomicilio como en peridomicilio; su tasa de infección por *T. cruzi* variaba entre 33 - 77% según la localidad. En 1994, en todos los controles efectuados, los índices de infestación tanto en intradomicilio como en peridomicilio resultaron cero. Según informaciones de evaluación, algunas pocas comunidades presentaban vectores al final de 1998. En ellas la infestación sólo era de 3% en intradomicilio y hasta 10 % en peridomicilio

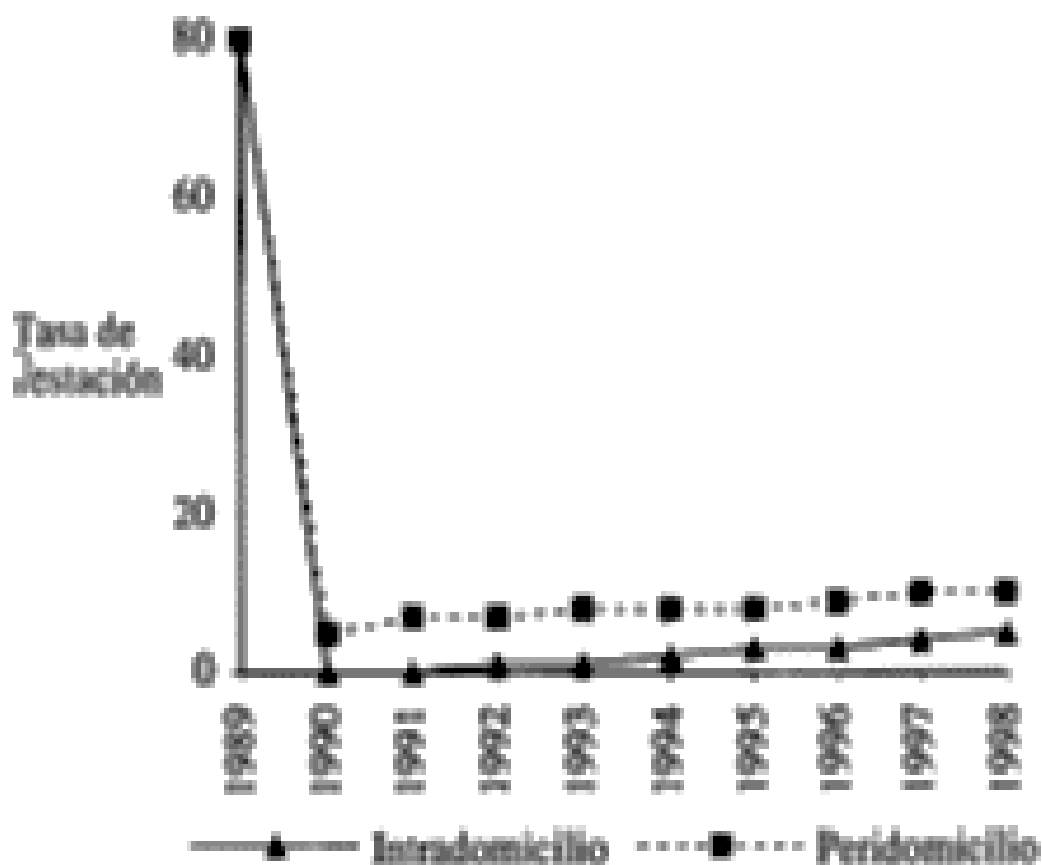


Figura 13. Promedio regional de infestación de las viviendas por el vector. Fuente: Noireu F y cols 1999

3.1.4.5. Estrategias para mantener las viviendas libres del vector y su interrupción

Una de las principales estrategias que se utiliza 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 existe un avance favorable, siendo que de 154 municipios endémicos, solo 34 municipios se encuentran en alto riesgo. La Paz (2011) y Potosí

(2012), fueron certificados internacionalmente, como aquellos con interrupción vectorial.

Departamento	Indicador	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Chuquisaca	Nº Viviendas con adultos	2.611	2.233	2.841	2.439	1.636	1.405
	Nº Viviendas con Ninfas	678	552	691	513	276	317
	Colonización (%)	26,0	24,7	24,3	21,0	16,9	22,6
Cochabamba	Nº Viviendas con adultos	3050	1.900	2.448	1.813	2.262	1.747
	Nº Viviendas con Ninfas	476	273	325	294	299	185
	Colonización (%)	15,6	14,4	13,3	16,2	13,2	10,6
La Paz	Nº Viviendas con adultos	235	207	219	224	192	137
	Nº Viviendas con Ninfas	23	7	5	3	2	0
	Colonización (%)	9,8	3,4	2,3	1,3	1,0	0,0
Potosí	Nº Viviendas con adultos	961	958	915	871	781	669
	Nº Viviendas con Ninfas	64	57	81	28	19	5
	Colonización (%)	6,7	5,9	8,9	3,2	2,4	0,7
Santa Cruz	Nº Viviendas con adultos	921	628	549	240	511	123
	Nº Viviendas con Ninfas	511	240	235	60	294	29
	Colonización (%)	55,5	38,2	42,8	25,0	57,5	23,6
Tarija	Nº Viviendas con adultos	1186	515	816	1.364	1.137	644
	Nº Viviendas con Ninfas	508	180	311	468	406	190
	Colonización (%)	42,8	35,0	38,1	34,3	35,7	29,5

Tabla 5. Indicador de colonización intradomiciliaria. 2011 – 2016. Bolivia

Fuente: Programa nacional de Chagas. Ministerio de Salud 2016.

3.1.4.5.1. Control químico

Para realizar el control vectorial surgió el insecticida hexaclorociclohexano, el que se constituyó en un producto altamente letal para los triatomíneos, comprobándose su eficacia para la población de vectores domiciliarios.

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, era una de las propiedades consideradas como 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 programas de control en 1980, fue favorable para las acciones de control por su baja toxicidad para los humanos y acción insecticida potente sumada a la acción repelente.

La eficacia de la respuesta y estabilidad del grado de control alcanzado dependen de dos condiciones que son la continuidad temporal y la espacial, con lo que es posible conseguir la interrupción de la transmisión vectorial domiciliaria.

La periodicidad de las intervenciones depende de los objetivos, es aceptado que se realicen dos ciclos integrales de rociado, selectivos por localidad infestada. Los ciclos subsiguientes se pueden adoptar en unidades domiciliarias posteriores a los dos ciclos, unidades domiciliarias vecinas, unidades domiciliarias positivas a vectores en un radio determinado en metros, viviendas infestadas y aquellas que sean más vulnerables a la infestación o reinfestación.

El rociado para el control del vector debe considerar la extensión que abarca dentro y fuera de la vivienda, cubriendo todo el refugio potencial de los vectores; la intensidad que implica el baño a la vivienda con repaso final en las grietas de las paredes y lugares cercanos a las fuentes de alimentación.

Los productos debidamente probados, y que llevan más tiempo en su uso son deltametrina 25 mg/m², lambda-cialotrina 300 mg/m², ciflutrina 50 mg/m², cipermetrina 50 mg/m², beta ciflutrina 25 mg/m², alfa cipermetrina 50 mg/m².

3.1.4.5.2. Control físico

Los vectores que son los que colonizan las viviendas, se produce cuando las mismas no reúnen las condiciones de una altamente saludable; así como el peridomicilio y otros sitios que pueden albergar triatomíneos. El riesgo de infestación y definición

del mejor tipo de manejo físico para la vivienda deben considerarse la especie del vector, valencia ecológica (capacidad de una especie de poblar, vivir e interactuar en diferentes ambientes) y eclecticismo alimentario.

El control físico se refiere a una medida de promoción o protección específica según el alcance y los propósitos que se implemente.

La actividad de control es una acción decidida a mejorar la calidad de la vivienda así como las condiciones sanitarias de los alrededores de la misma relacionada con la eliminación de corrales, nidos de aves, ubicación alejada de cosechas, aislamiento de animales domésticos, distanciamiento de gallineros y otros; que tiene relación directa con el cambio de hábitos por parte de la población para conseguir mejores condiciones de vida. El alcance trasciende el control de la enfermedad y control sanitario en particular.

El tipo de abordaje a usar para el control físico cuando presupone el patrón de transmisión es 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, lo cual se evita 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 de control 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 *Triatoma dimidiata*, e incluso la sustitución de cercas de palos en los corrales *Triatoma brasiliensis* y otros.

Sin embargo, no todas las causas de persistencia de focos de infestación requieren de control físico, tal el caso de los vectores resistentes a los químicos en cuyo caso se puede sustituir el producto o volverse a realizar el tratamiento del área con correcciones, en caso de inactivación del insecticida.

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 piretroide, siguiendo métodos y rutinas estandarizadas

El hecho de que se realice una detección temprana de focos de re-infestación o repoblación es crucial para el control a largo plazo; 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.

El control de vectores del mal de Chagas es un proceso largo (debido a la prolongada fase de vigilancia), la adopción de un formato normalizado para la recolección, el almacenamiento y el análisis de los datos es importante, para que exista la posibilidad de realizar comparaciones a lo largo de todo el período en que el programa esté en actividad, durante varios años.

Los programas de control vectorial del continente, iniciaron sus actividades aproximadamente hace más de 40 años, pero muy pocos mantienen registros utilizables anteriores a 1980. Los que iniciaron más 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 de control vectorial; 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, se logró la disminución de infestación de 2,5% a 2,3%, desde el 2013. La infestación intradomiciliaria desde

el 2013 a 2014, bajó de 1 a 0,8%. Lo anterior a través de la vigilancia vectorial y rociado de viviendas.

Considerando el riesgo, el 77,9% de los municipios endémicos se encuentran entre mediano y bajo riesgo; siendo los municipios endémicos considerados de riesgo mayor el 5,8%.

Según el programa nacional de Chagas (2014), que se propuso conseguir municipios con infestación de vivienda al 3%, se alcanzó el objetivo en el 80% de los municipios.

Las campañas de rociado en barrios periurbanos de las ciudades de Cochabamba y Tarija, se realizó por la alta infestación de las viviendas.

Espece	Género	Vulnerabilidad	Grado máximo de control
Introducida	<i>Triatoma Infestans</i> (Cono Sur)	Plena	Eliminación
	<i>Rhodnius Prolixus</i> (Centro américa)		
Autóctona con capacidad vectorial comprobada	<i>Triatoma Diminuta</i>	Parcial	Agotamiento colonización intradomiciliaria
Con capacidad vectorial limitada (predominan en peri domicilio)	<i>Triatoma Sordida</i>	Parcial	Impedimento de la colonización intradomiciliaria
Capacidad vectorial muy limitada	Varios	Limitada	Impedimento de la colonización intradomiciliaria

Tabla 6. Posibilidad de eliminación y tipo de vector del Chagas. Fuente: BID (2012)

Fuera de la región amazónica, la mayor parte de la transmisión de la enfermedad de Chagas en Latinoamérica depende de las poblaciones domésticas de los vectores. Este escenario epidemiológico es diferente en ésta región, donde se identificó una variedad de otros patrones de transmisión. Los sistemas existentes de vigilancia y control basados en la presencia o ausencia de triatominos domésticos en viviendas rurales, resultan inapropiados para esta región, debido a la complejidad de los ciclos de transmisión y a la dificultad para acceder a la mayoría de las comunidades

amazónicas. La detección de casos probablemente sea allí, mediante otra opción más adecuada; porque el ciclo silvestre por la circulación de *T. cruzi*, entre reservorios, seguirá ocurriendo por la participación de diversos vectores y la infección episódica o accidental seguirá siendo una posibilidad, según el BID 2012, publicado en Chagas 2016.

Otra de las pruebas, han sido realizadas con trampas químicamente cebadas puestas en experimentación con éxito en la vigilancia vectorial en la región del Gran Chaco paraguay (Rojas De Arias A y cols 2014), con resultados bastante eficientes; 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 reduciría significativamente los costos de las actividades de control operacional y de mantenimiento de los recursos humanos, además de la logística en general, así como también se mejoraría la eficiencia de los programas nacionales de control al utilizar esta herramienta de vigilancia en América Latina, con el fin de controlar el Chagas.

Uno de los estudios (Bacigalupo, A, Cattán, P. 2017), para predecir la ubicación de los triatomíneos y optimizar el control vectorial, basados en reportes de su presencia en sitios puntuales, a diferentes escalas, son utilizando imágenes obtenidas de distintos sensores remotos. La extensión espacial y la escala del trabajo condicionan la selección de variables independientes a incluir en la modelación. 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.

Las *pruebas de diagnóstico serológico* al inicio del proyecto (1986- 1989), resultaron en un 50% de la población con serología positiva. Siendo el grupo etario más afectado el económicamente activo, cuyas edades fluctuaban entre 15 a 50 años (57% de seroprevalencia).

La infección en menores de 5 años fue de 37%, en 1996- 1998 en varias evaluaciones serológicas efectuadas, el promedio de infección en menores de 5 años era del 2% y, en algunas comunidades evaluadas, incluso era cero.

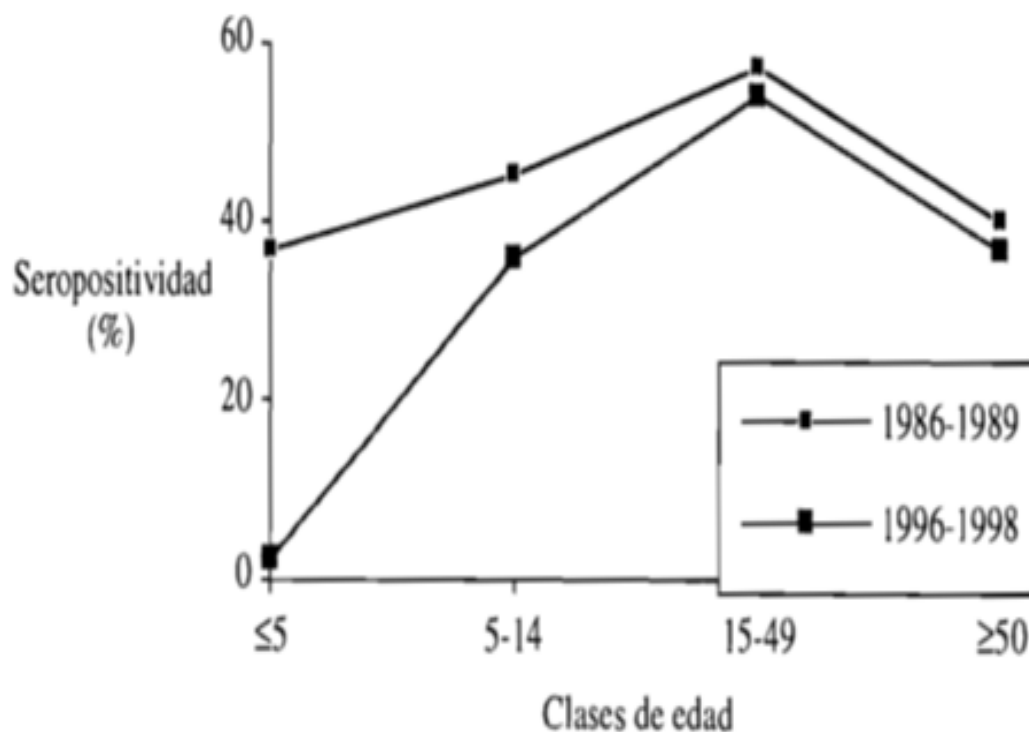


Figura 14. Evolución de seroprevalencia por edad Fuente: Noireu F y cols 1999

En el grupo de 5- 14 años, también se encontró una disminución significativa de la seroprevalencia (36%), constituyéndose en un buen indicador, porque dichas acciones posibilitaron la interrupción de la transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas. También se determinó que en 1997 el 36% de las mujeres embarazadas analizadas, presentaban una serología positiva.

Respecto a la situación y realidad de la problemática, la población rural llegó a conocer que la enfermedad de Chagas demanda acciones para continuar avanzando en el control del vector. Eso resultó uno de los principales logros como acción de sostenibilidad, aunque algunas comunidades se encontraban resistentes al cambio.

Por los datos resultantes de la evaluación final del Proyecto se concluye que se cumplieron con los objetivos inmediatos de promover el desarrollo, fortaleciendo la organización campesina y mejorando los ingresos, la infraestructura y los servicios sociales.

3.1.5. Población afectada por el Mal de Chagas, medio ambiente y prevención

3.1.5.1. 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 de Chagas afecta a 17 países, a menos de 12 millones de personas infectadas, procedentes de las áreas urbanas y peri-urbanas.



Figura 15. Países endémicos para la enfermedad de Chagas. Fuente: Actividad humanitaria 16 Abril 2018

Los países considerados como endémicos, son motivo de preocupación, porque desde los mismos se produce la migración de población afectada con éste mal, conocidos como casos autóctonos; y las personas que se trasladan desde otros países suelen regresar a sus países con la enfermedad, a los que se consideran como 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 de Chagas se encuentra afectando a la población sobre todo en zonas endémicas de 21 países de América Latina Argentina, Belice, Bolivia (Estado Plurinacional de), Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guyana francesa, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay y Venezuela (República Bolivariana de) (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.

Sumado a lo anterior, las zonas rurales latinoamericanas fueron mejorando en cuanto se refiere a 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 efecto del 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.

En la década de 1990, surge la cooperación internacional para el control por los compromisos económicos y políticos de la globalización, las iniciativas subregionales emergentes en las regiones del Cono Sur, Pacto Andino, América Central y el Amazonas, para realizar el combate a los vectores y por la transmisión por transfusión sanguínea, con asistencia técnica de la OPS y OMS.

Argentina ocupa el cuarto lugar por discapacidad (Crocco L. 2002), porque el 98% de los casos ocurre antes de los 14 años de edad. La infección se produce por deyección del vector en el 80% de los casos y como segunda causa de infección por transfusión sanguínea. De 130 especies de *Triatomas* de América, 16 habitan en Argentina y una de las especies de mayor significación es *Triatoma infestans* de localización domiciliaria; *Triatoma sordida* y *Triatoma guasayana* de naturaleza peridomiciliaria.

Uno de los reservorios animales identificados en Perú 1960 (Herver), fueron los cobayos con mayor índice de infección con la especie parasitaria *Trypanosoma cruzi* seguidos en importancia los gatos y canes.

3.1.5.2. Relación del medio ambiente y la enfermedad de Chagas

a) Aspectos físicos naturales

Estos aspectos, son importantes de considerar porque son los que condicionan la presencia de los vectores y del parásito causante de la enfermedad de Chagas. 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 se constituyen en factores determinantes para la domiciliación de los triatomos, los cuales tienen la capacidad de infectar a las mascotas y al hombre, permitiendo el ciclo del *Trypanosoma cruzi*

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 con una situación geográfica de una altitud de 4.330 m.s.n.m., siendo los vectores de naturaleza domiciliaria, entre los cuales se encontraban *Triatoma longipennis* en un 68% peridomiciliaria y 32% intradomiciliaria. *Triatoma pallidipennis* en un 28% y *Triatoma 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 con mayor probabilidad de la presencia de vector; en menor proporción en zonas de 401 – 600 m s.n.m.: que son zonas medias donde las temperaturas es aún más bajas y se corresponde con paisajes de colinas. A altitudes de 200 – 400 m s.n.m. 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 triatominos 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 triatominos y el ciclo de vida del parásito. El *Trypanosoma 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 triatominos, 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 por lo que no tienen una buena calidad en su construcción. Estas viviendas son habitadas principalmente por familias de escasos recursos económicos, con altas tasas de migración, siendo su actividad laboral agrícola en zafras 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 triatominos, 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 sus mascotas. Siendo las de característica de rancho con mayor probabilidad, menor la casa y mucho menor la quinta.

3.1.5.3. Vigilancia epidemiológica como forma de prevención

La Vigilancia epidemiológica y entomológica planificadas en diferentes países del mundo fue variada. Una de las cuales a aplicar en Honduras (2003) consistió en revisar el Manual Operativo de Vigilancia Epidemiológica y Entomológica en coordinación con las instituciones encargadas de esas actividades.

El perfeccionamiento del Sistema de Vigilancia Epidemiológica, creando 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.

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. para el fortalecimiento y definición del 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, es garantizar el sistema de vigilancia activa y permanente con involucramiento de todos los actores.

En cuanto a las iniciativas subregionales según la OMS, se han realizado trabajos de interrupción y vigilancia de la problemática del Chagas, las mismas fueron 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); caracterización de transmisión extradomiciliaria desde el ciclo silvestre en Panamá (2013).

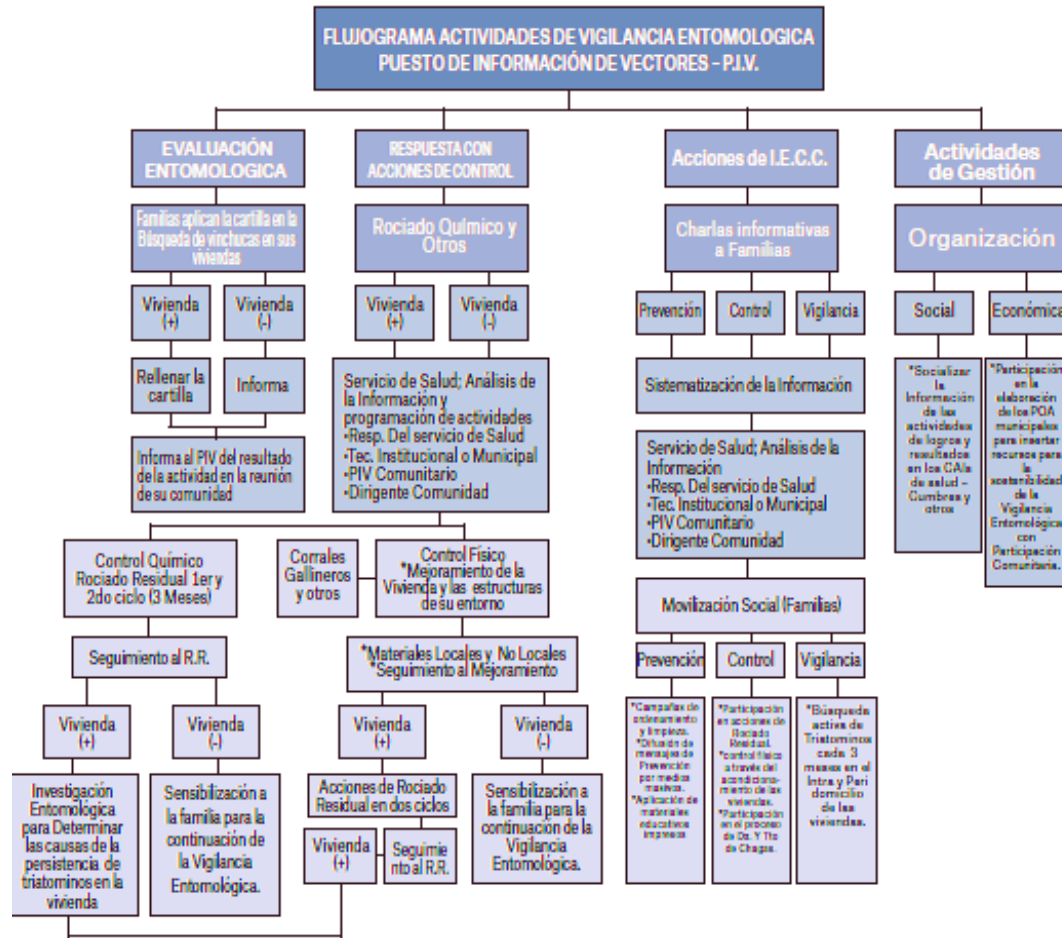
En la región Andina, la interrupción de la transmisión vectorial de *T. cruzi* por *T. infestans* en Perú (departamentos de Tacna y Moquegua); 10 Municipios de los Departamentos de Casanare, Boyacá, Santander y Arauca en Colombia (2013).

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* se ha certificado en Chiapas y Oaxaca.

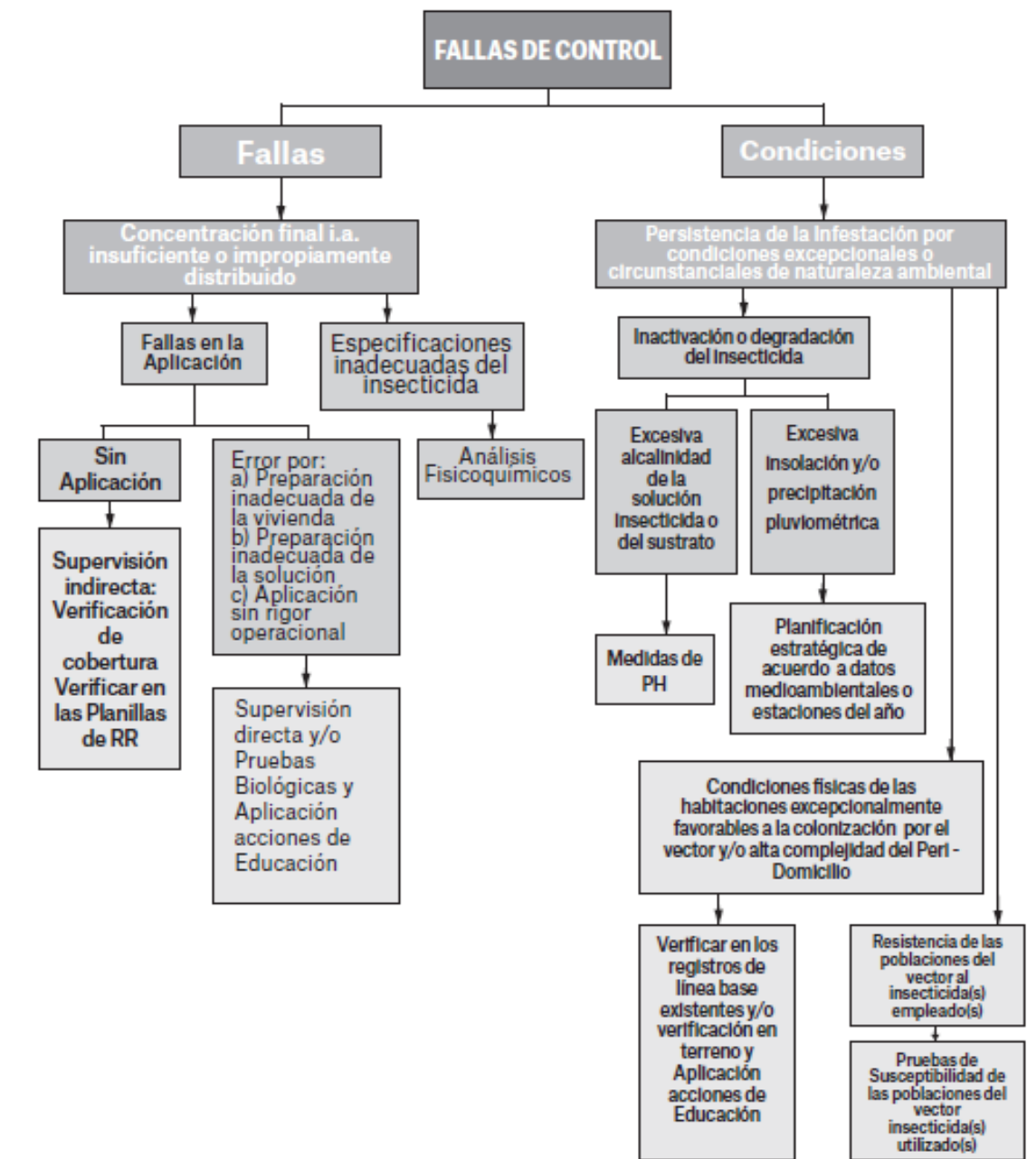
En Bolivia, (Chagas Bolivia, 2016), se aplica las tecnologías digitales y se pone en funcionamiento la plataforma eMocha (aplicativo móvil y comprensible dedicado a la salud y con código abierto) instalado en el Smartphone, para la captura móvil de datos en diferentes programas. El dispositivo se utiliza para denunciar la presencia de vinchucas en el interior de la vivienda, el mismo que consiste en que el dueño colecta la vinchuca e informa la ubicación 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.

Las actividades de vigilancia entomológica planificado en su ejecución son desarrolladas siguiendo un flujograma de actividades de vigilancia entomológica, el mismo que tiene como componentes de atención prioritaria el ser humano (pacientes diagnosticados como positivos, vector y la vivienda (control físico y químico); la aplicación de las tecnologías de la información y comunicación de la que forma parte la movilización social; y actividades de gestión que organizan la participación social y económica.



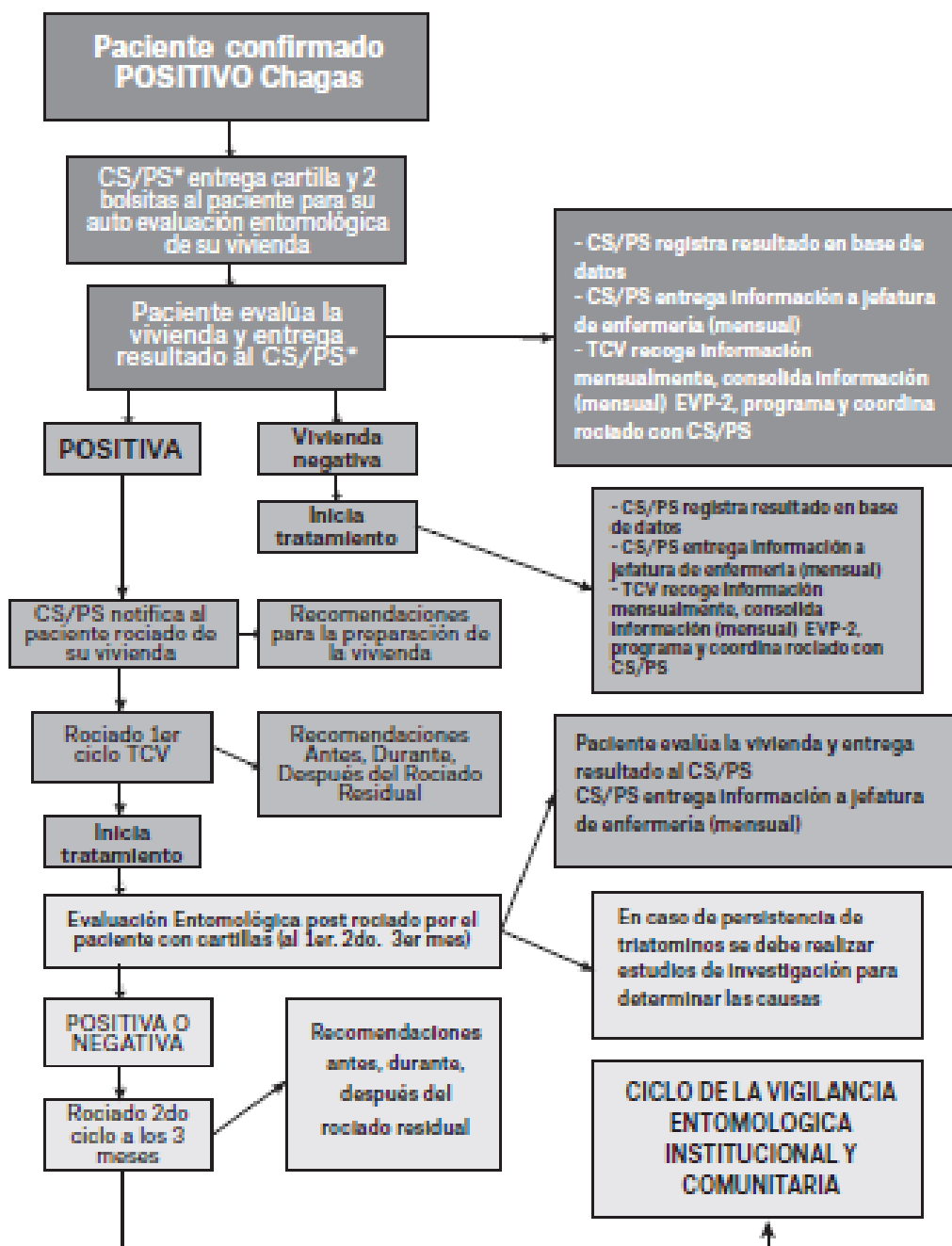
Flujograma 1. Actividades de vigilancia entomológica. Fuente: Chagas Bolivia 2016.

Una vez 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.



Flujograma 2. Fallas de control vectorial. Fuente: Chagas Bolivia 2016

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



Flujograma 3. Control vectorial en viviendas de pacientes en tratamiento Fuente: Chagas Bolivia 2016

3.1.5.4. Avances en la prevención mediante la utilización de vacunas

En la actualidad para efectos de seguir tras la mejora de la situación respecto a la enfermedad de Chagas, se continúan realizando investigaciones, una de las cuales

tiene que ver con la utilización de algunas moléculas de origen proteico para la preparación de vacunas, que actúen como preventivas de la enfermedad.

En Argentina investigadores como Malchiodi E y otros (2017), pertenecientes a la Universidad de Buenos Aires, se encuentran 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, donde hacen 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 helper 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.

CAPITULO IV. MODELOS DE CONTROL Y VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA

Los impactos negativos en el organismo vivo esperados, son numerosos, una vez que se contrae la enfermedad de Chagas; cuyas situaciones a prever, están relacionadas

con anticiparse y tener capacidad de reacción frente a la presencia del agente etiológico, afectación del huésped y situación del medio ambiente.

4.1. 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, sanitarista) 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.

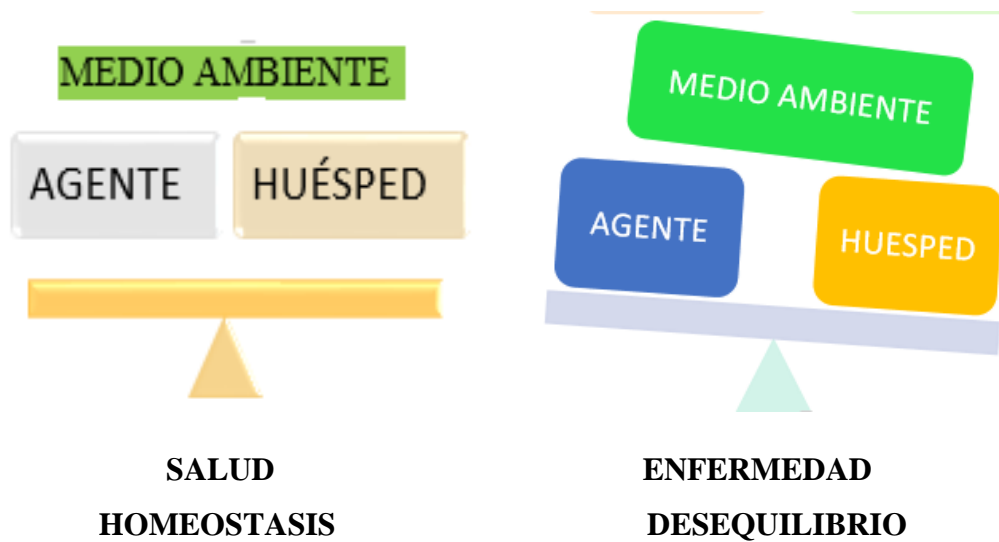


Figura 16. Triada de Leavell y Clark: agente etiológico, huésped y medio ambiente. Fuente: Elaboración propia

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. El Modelo de Historia Natural de la enfermedad, considera además, la determinación de las enfermedades en un medio externo, donde interactúan agentes y determinantes (físicos, químicos, biológicos, sociopolítica, cultural), y en un medio interno, espacio donde se procesan modificaciones bioquímicas, fisiológicas, e histológicas, propias de una determinada enfermedad y donde actúan factores hereditarios, alteraciones orgánicas; 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.

La aparición de la enfermedad depende de la articulación de factores contribuyentes, de tal forma que se puede pensar en configuraciones de mínima a máxima probabilidad, según se presenten los factores determinantes (aparece el concepto de factor de riesgo)

Los modelos elaborados sobre el proceso salud enfermedad y sus interpretaciones son acordes al nivel científico y tecnológico alcanzado y con la forma de organización predominantes en cada época y cultura.

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.



Figura 17. Epidemiología y administración de servicios de salud, Washington, OPS, pp 5. Fuente: Citado por Denver, A (1991).

4.2. Modelos de control y vigilancia del Mal de Chagas

Los retos y prioridades para realizar investigaciones que puedan ser aplicadas para la solución de la problemática del Mal de Chagas, referidos por la OMS (2007) como vacíos existentes, tienen que ver con asegurar la continuidad y perdurabilidad de los programas de control, en regiones donde se eliminaron los vectores domiciliarios; como enfrentar el problema de los vectores secundarios capaces de reinfestar las viviendas fumigadas y como controlar los vectores silvestres y peridomiciliarios; prestar atención a las migraciones humanas como forma de transmisión sanguínea desde individuos infectados en zonas endémicas; la eficacia de los medicamentos para detener la progresión de la enfermedad que a la fecha son dos los más aplicados; medios para descubrir las herramientas terapéuticas y su eficacia cuyos ensayos clínicos son limitados; el manejo del paciente enfermo y las alteraciones que ocasiona de las que se desconoce las cifras reales del costo social y económico; las políticas de manejo por las diferencias regionales en las manifestaciones clínicas.

Entre los programas de control y vigilancia epidemiológica que se conocen, esos 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, son los que 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 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. La acción es de efecto residual; es decir que después de que se complete el tiempo de la acción del producto, es necesario un segundo ciclo de rociado que también es temporal.

La posibilidad de reinfestación de las viviendas es posible, por lo que 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.

4.2.1. El modelo de enfoque de riesgo

El cual ha sido desarrollado en varios países, en lo que respecta a la identificación de las variables y al diseño de instrumentos para estratificar las áreas según el grado de riesgo de transmisión.

Este método aún no ha sido completamente estandarizado en lo que respecta a los procedimientos para determinar y categorizar el riesgo. Además, por experiencias, se ha modificado la propuesta original para corregir algunas dificultades y limitaciones. 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.

Entre las variables, existen las con un valor categórico, cuya sola existencia expresa alto riesgo, como es la presencia de casos agudos autóctonos, dados a conocer por medio de demanda espontanea en los servicios de salud; para clasificar los municipios en los umbrales en una u otra categoría, se tendrá que tomar en cuenta su situación geográfica; el grado de persistencia de la infestación en el tiempo y otras peculiaridades epidemiológicas no consideradas entre los factores de riesgo.

4.2.2. Antecedentes para la construcción del Modelo integrado de control de la enfermedad

Uno de los modelos publicados 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; lo que permite definir las medidas indicadas en cada caso y considerar diversas opciones de intervención. De lo que se trata es realizar el control vectorial, la vigilancia y el tratamiento específico de los casos de infección reciente; los que son aplicados casi simultáneamente. Es decir, se realiza prevención primaria de la transmisión vectorial al instaurar la vigilancia, y prevención secundaria, por la identificación y tratamiento de los casos tempranamente.

Este modelo fue elaborado a partir de experiencias exitosas de los países latinoamericanos, que tienen diferentes características.

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), para lo cual se crearon 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. Siendo la particularidad el trabajo realizado junto con las escuelas rurales, a través de las cuales se podía difundir la información con participación activa en la vigilancia entomológica.

El modelo de Paraguay denominado 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 censal 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.

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

Guatemala, presentó su modelo de intervención, conocido como convencional, que 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). A lo anterior, se sumó un componente de vigilancia comunitaria sostenible, a partir de procesos locales 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, en los que se aplicó el tratamiento químico. Además se hizo muestreo de conveniencia, con investigaciones dirigidas a unidades domiciliarias vulnerables.

El modelo de intervención de 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. Gradualmente se fueron investigando nuevas áreas e incorporándolas a la operación regular del programa. 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, facilitada por el contacto ya establecido con las escuelas, y el tratamiento específico de los casos de infección reciente.

4.2.3. Modelo sistémico de control

El modelo de control construido, buscó sintetizar todos los métodos probados en el pasado y enriquecer la experiencia de los países latinoamericanos con respecto al control vectorial, considerando especialmente las medidas exitosas que lograron los objetivos del 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; además, de la aparición o mayor visibilidad de nuevas formas de transmisión, que dependen del ciclo enzoótico de transmisión o están relacionadas con él.

Para hacer uso del modelo propuesto o evaluar su utilidad, se plantea que cada país o gerencia de programa de control debe situarse en su propio contexto institucional y

estadio de control alcanzado; y examinar la conveniencia o necesidad de introducir los cambios que sean necesarios.

En el algoritmo se señalan las operaciones y su desdoblamiento en orden de precedencia de cada una de las actividades.

4.2.3.1. Exploración serológica/entomológica

El propósito es 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.

Para la detección serológica inicial se propone utilizar una prueba rápida inmunocromatografica, Stat-Pak, evaluada y validada en varios países de América Latina con sangre capilar. La selección de los participantes al azar, por muestreo aleatorio simple. El tamaño de la muestra dependerá de la tasa de seroprevalencia esperada. Para definir el tamaño se sugiere consultar la Guía para muestreo en actividades de vigilancia y control vectorial de la enfermedad de Chagas (Silveira AC., Sanches O. 2003), pero se aconseja realizar la exploración serológica por censo.

La exploración entomológica se realiza por consulta a la población escolar acerca de sus conocimientos sobre los vectores, recomendado utilizar una colección de las especies que se encuentran en el área investigada.

4.2.3.2. Encuestas serológica y entomológica

Realizado en las localidades de donde provienen los casos, para establecer las líneas de base que precisan y delimitan las futuras acciones de control, así como para disponer de un parámetro inicial de evaluación. Si la exploración inicial es negativa, evaluar si es necesario establecer la vigilancia en el área o localidad explorada,

justificado si es vulnerable al ingreso de los vectores, dependiendo de las características físicas de las viviendas o su situación geográfica.

Las encuestas serológica y entomológica deben abarcar las localidades donde se encontraron casos o donde se supo que efectivamente había infestación.

Recomendable dar prioridad a aquellas localidades con tasas de positividad más altas en la exploración con pruebas rápidas, sin excluir ninguna zona de riesgo identificada.

La encuesta serológica aplicada por muestreo; el tamaño de la muestra se determina por la seroprevalencia esperada, aunque ahora con base en los resultados de la exploración previa entre escolares o, idealmente, por censo de la población de menores de 15 años de edad, casos que responderían mejor al tratamiento etiológico.

La muestra de sangre tomada en papel filtro, observando las normas de bioseguridad y procesada mediante la prueba de ELISA. Los casos con prueba rápida positiva, aplicar la prueba de ELISA, 15 minutos después del resultado, para evitar una nueva búsqueda a los niños y agilizar la confirmación de los resultados.

La encuesta entomológica, realizada de forma integral o por muestreo aleatorio o de conveniencia, entre las unidades habitacionales sospechosas, por la técnica hora/hombre. Si se trata de especies introducidas, para las que se indica tratamiento químico selectivo por localidad, con rociado de 100% de las viviendas en dos ciclos; la investigación inicial se podrá hacer hasta encontrar la primera vivienda infestada. Para completar la línea de base entomológica y conocer las tasas de infestación domiciliaria, durante el primer ciclo de rociado se efectuará la verificación, recolección y registro de los triatominos caídos.

4.2.3.3. Estratificación de riesgo, definición de prioridades y actividades de control

En una etapa preliminar hacer una primera estratificación de riesgo a escala nacional, estatal, departamental o provincial relacionada con la transmisión vectorial; para determinar el grado domiciliario de los vectores y su capacidad de transmitir *T. cruzi*

(antropofilia, susceptibilidad a la infección y metaciclologénesis). También, analizar las metas del control y su factibilidad.

En diferentes situaciones de riesgo, la prioridad en función del riesgo y de la mayor viabilidad del control corresponderá a las áreas infestadas por especies estrictamente domiciliadas. Se puede prever altas tasas de seroprevalencia. Esta coincidencia deberá ser confirmada.

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.

4.2.3.4. El control de la transmisión por vectores domiciliarios

1. Especies introducidas

Propuesta para adoptar desde el inicio, las medidas de la iniciativa de los países del Cono Sur, 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.

Sigue la evaluación posterior al rociado y 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 se repita el tratamiento químico domiciliario en la extensión recomendada, conforme a criterios.

Los casos de infestación persistente deben investigarse cuidadosamente. Para una investigación sistematizada y fiable de las causas de infestación, se sugiere la

aplicación del algoritmo y listas de verificación que consisten en seguimiento y desarrollo del control de calidad.

Los ajustes a las intervenciones de control, consistirán en el manejo físico y ambiental del peri domicilio y de su entorno más inmediato. Los residuos de infestación son casi siempre peri domiciliarios, lo que está bien 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 muestran resultados bastante animadores. Lo mismo se comprobó en Venezuela, con la sustitución de techos de paja para el control de la especie *Rhodnius prolixus*. En el Chaco Boliviano, la construcción de silos para el almacenamiento de la cosecha en sustitución de los conocidos zarzos no ofreció ventajas, debido a que la población tenía muy arraigado el uso de los últimos, por lo que las cuestiones culturales pueden ser obstáculos importantes y deben 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 e 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, cuando la especie presente un 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; que favorecen el carácter domiciliario de los triatominos.

4.4.5. 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 palescens* en Panamá, *Rodnius pictipes* en la Amazonia ecuatoriana y en el estado de Tocantins en Brasil.

4.4.6. 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.

Si bien para construir 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 son 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, que pueden favorecer en mayor o menor medida la infestación domiciliaria. En ciertos casos, las experiencias han sido exitosas porque se han aprovechado circunstancias o precondiciones especiales.

4.3. 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. En su aplicación para los sistemas de vigilancia especializados en enfermedades prioritarias en América Latina, como la enfermedad de Chagas, sin duda que constituye un valioso aporte, cuando las mismas se aplican para el control de la enfermedad.

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 de vital importancia en la salud pública; los sistemas manejan las representaciones digitales de mapas en forma de capas, cada una de las cuáles 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 la población menor de 15 años y las embarazadas en riesgo para casos de Chagas congénito.

Para lo cual se desarrolló un software del SVC-TICs que facilite las actividades de tamizaje, confirmación, tratamiento y seguimiento de los pacientes y control de embarazadas y seguimiento de los hijos de madre seropositiva. Los componentes del software fueron elaborados en función de cómo se realizaban las acciones en los sistemas de vigilancia existentes y en vigencia, incorporando sus instrumentos de registros de campo, modelos de historias clínicas, reportes periódicos y consolidados. Una vez obtenidos los datos, se busca simplificar los procesos, mejorar la calidad de los datos, la oportunidad y disponibilidad de la información.

Los componentes incluidos en el software, permiten el ingreso de información de tamizaje, serologías, encuesta epidemiológica y datos de georreferencia. Esta información es enviada desde el dispositivo móvil mediante sincronización al sistema de vigilancia online del sistema SVC-TICs 2. El componente web, incluye los módulos denominados Portal web y Sistema de vigilancia online. El Portal web está destinado a sistematizar todas las acciones del proyecto, difundir actividades, almacenar contenidos multimedia, documentos técnicos, normativas nacionales. Permite también la visualización de mapas digitales con la ubicación georreferenciada de los individuos infectados, y además incluye un link de acceso al sistema de vigilancia online, considerado como un recurso tecnológico: Base de datos en línea (altas, bajas, modificaciones, consultas y listados), formularios en línea a modo de interfase para interactuar con la base de datos, reportes predeterminados e indicadores de gestión y resultados, publicaciones y posters del proyecto, publicaciones de datos, resultados y mapas temáticos, comunicaciones internas de los participantes del proyecto.

El sistema de vigilancia online, es el que sistematiza todos los datos recogidos por el componente móvil (estudios poblacionales: serokit y serología), a través del cual se generan historias clínicas de los individuos que ingresan a tratamiento, crea historias clínicas de embarazadas en seguimiento, permite también la consulta de reportes

automatizados, administra permisos de usuarios para acceder al sistema y genera alarmas automatizadas.

Este sistema de vigilancia y control mediante las TICs, muestra la utilidad del SVC-TICs en cuanto a la calidad y cantidad de registros obtenidos, optimizando el sistema de vigilancia (Quintero Valdés y col. 2003). También, se busca mejores condiciones para los infectados de Chagas, con acciones propuestas para la comunidad, favorecido y estimulado por la disponibilidad del grupo de agentes de terreno, la realización de un trabajo sostenido, y el evidente compromiso del equipo y las repercusiones que implica en los niveles locales y gubernamentales.

CAPITULO V. 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 Galvan 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.

5.1. 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.

5.1.1. 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. Para lo cual se debe incrementar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando sustancialmente el número de personas que trabajan en el campo de la investigación y el desarrollo por cada millón de personas, así como aumentando los gastos en investigación y desarrollo de los sectores público y privado para 2030.

5.1.1.1. 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.

5.1.1.2. Escenario Cultural

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

5.1.1.3. 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.

5.2. 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, es la que 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. Esto es utilizado en la investigación del Chagas, lo que permitiría el ahorro del gasto farmacéutico, mejoras significativas en las herramientas diagnósticas, y aceleración en los procesos de investigación con más datos, más personas concernidas y mayor rapidez.

Con el Big Data, además, se constituye en un fenómeno global con impacto económico real y potencial, que 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.

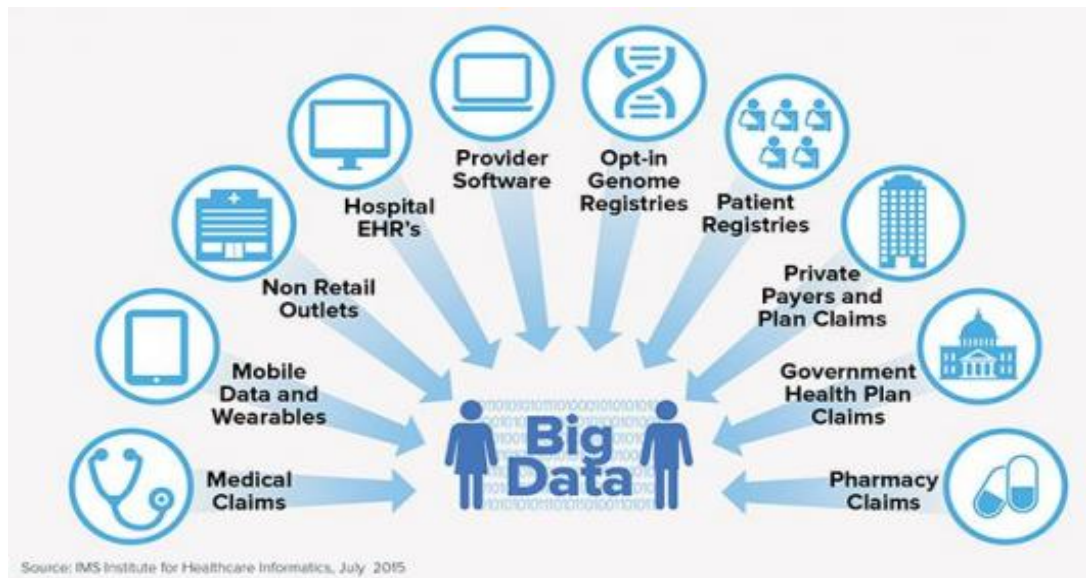


Figura 18. Big data. Fuente Institute Health care informatics. July 2015

El Big data consiste en una red de tipo intranet, mediante el cual se realiza el seguimiento de la situación enferma de los pacientes, una vez que los mismos son

registrados en un determinado centro; útil para el seguimiento del diagnóstico y tratamiento de los enfermos con Chagas.

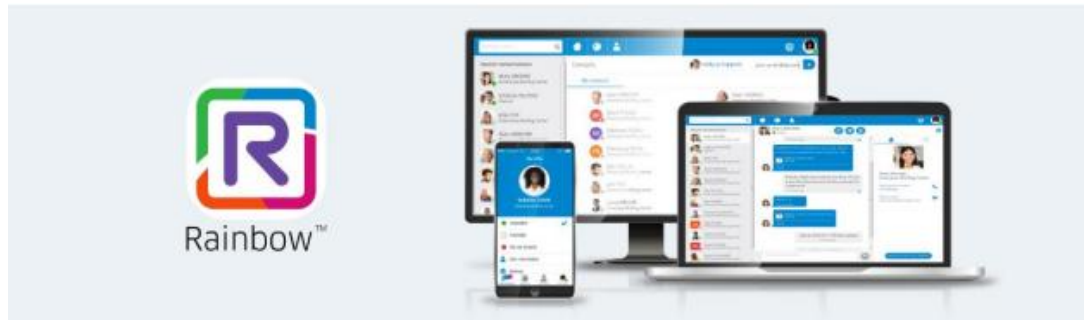


Figura 19. Redes sociales. Fuente Institute Health care informatics. July 2015

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.

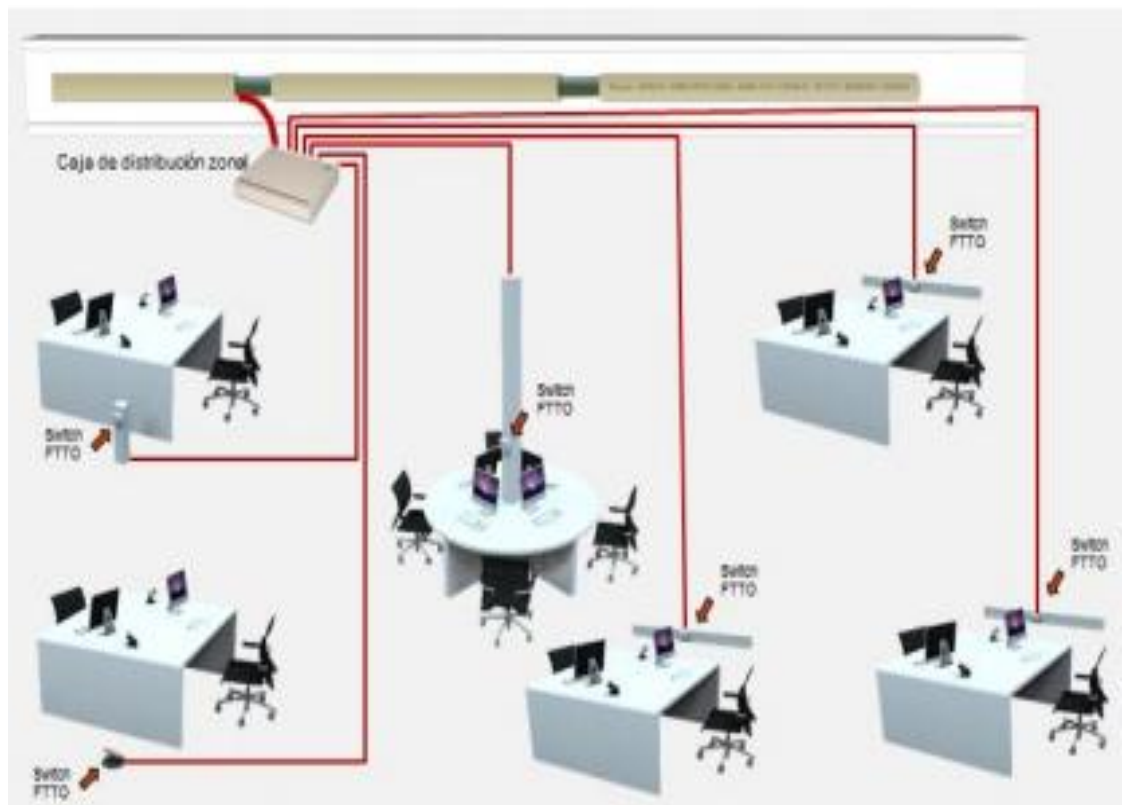


Figura 20. Infraestructura de comunicación. Fuente Institute Health care informatics. July 2015

La imagen muestra la infraestructura de comunicaciones que 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 revierten en todo el sistema. También, se consideran pluridisciplinarias 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 conllevará el desarrollo de investigaciones dirigidas a evaluar la complejidad de estos sistemas (Krotov 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 interdisciplinarias y convergentes.

Los Sistemas de Información geográfica georeferenciada (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 epidemiológica 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^a). Gorla (2002^b) 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 nordeste 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) progresa 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).

5.3. 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.

5.4. 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.

5.4.1. 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 constantes local, nacional e internacionalmente donde a pesar de no existir el vector la transmisión principalmente se produce por transfusión por la presencia de población humana infectada y población animal doméstica y silvestre principalmente en regiones rurales y periurbanas portadoras del parásito, lo cual se constituye en focos potenciales de incremento de casos de Chagas.

La atención y puesta en práctica de la educación ambiental, es posible que este tipo de inversión social, sea con tendencia a mejorar la calidad de vida de la población posibilitando el avance significativo en el conocimiento de la situación y prevención en la afectación de la salud de la población.

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 extradomiciliariamente, incrementa la población animal silvestre infectada.

Ambientes con temperaturas templadas a ligeramente cálidas favorecen la multiplicación 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 extradomiciliariamente.

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 biológicos, presencia de flora y fauna que prepara el ecotopo para la presencia del vector.



Figura 21. Tecnologías digitales que forman parte de la vivienda inteligente y de un ambiente saludable (imagen de Google, 2018)

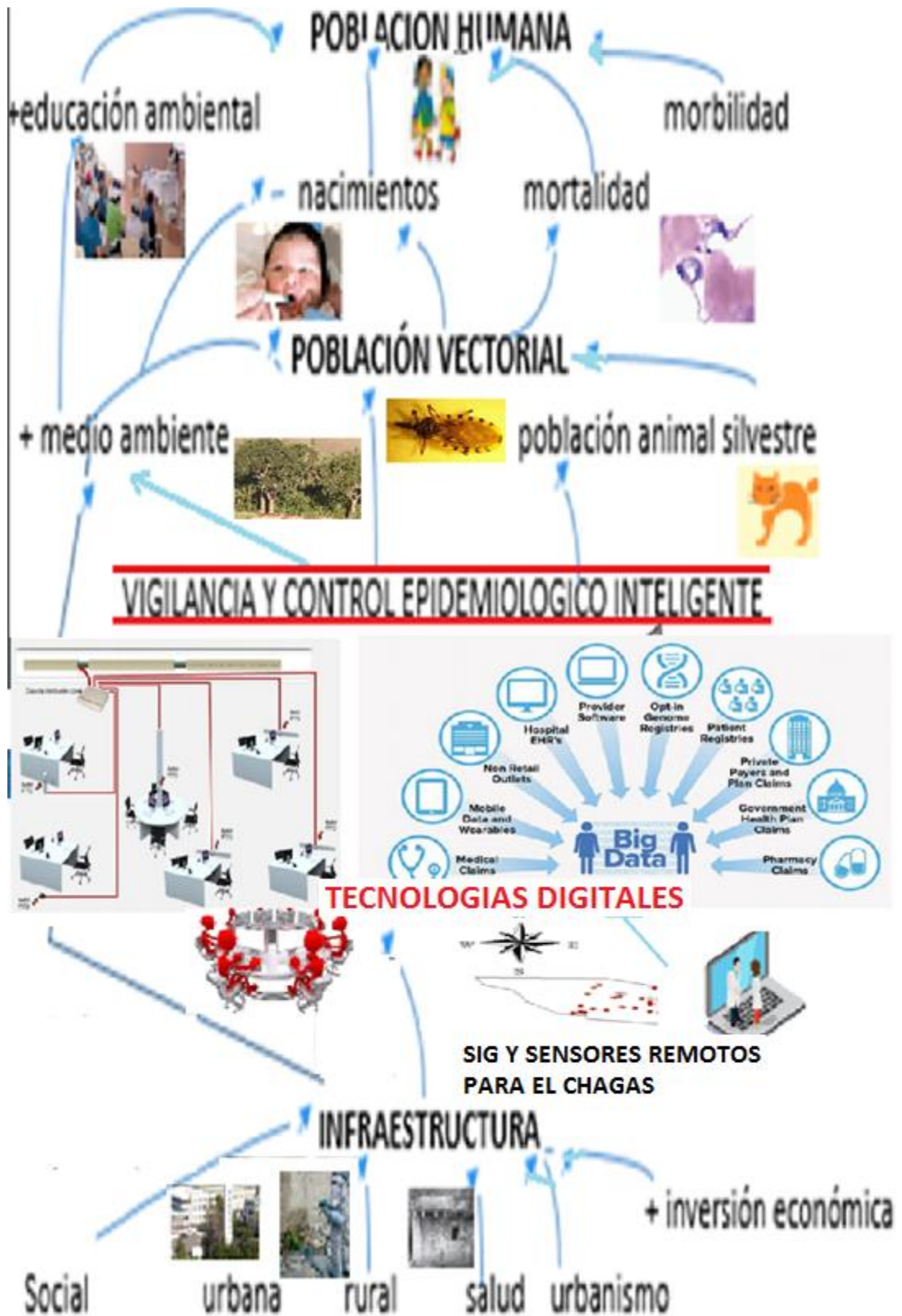


Figura 22. Modelo de Vigilancia y control epidemiológico Inteligente considerando las variables y tecnologías digitales. Fuente Elaboración propia (10/2018)

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), tiene un efecto favorable.
 - 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, 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:

- 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, y que 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; en la presente investigación se plantea un nuevo modelo.
- Y también como señala Popper K.(1994), en la crítica al criterio de verificación, 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 mezclado con las creencias, sueños, esperanzas, errores; por lo 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 para su aplicación en América Latina con énfasis en Bolivia, 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; y 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 (Georeferenciada), 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 (georeferenciada) y sensores remotos, que se utilizan para almacenar y analizar datos colectados en terreno y para el uso de nuevos enfoques analíticos, ayudaran 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 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; es considerado altamente 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, hacia la toma de

medidas pertinentes relacionadas con el control y vigilancia epidemiológica inteligente de la enfermedad de Chagas.

BIBLIOGRAFIA

- 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, Cattán, 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. Jaen 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 Icoaracá-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, Lazdins-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, Catalá S. (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. 1º, México.
- Manual de atención integral del Chagas en zona rural. Bolivia. 2016
- Magallón-Gastélum E. Distribución de los vectores de la enfermedad de Chagas (*Hemiptera: Reduviidae: Triatominae*), en el estado de Jalisco, México. Rev. biomed 1998; 9:151-157.
- Malta J. (1996). Doença 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. La enfermedad de Chagas y sus particularidades epidemiológicas en Bolivia. pdf.
- OMS. (1991). Control de la enfermedad de Chagas. Informe del Comité de Expertos. 811.
- 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, Martínez 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.
- Reyes, O; Bringas, J. (2006). La Modelación Teórica como método de la investigación científica. *VARONA*, núm. 42, enero-junio, 2006, pp. 8-15. Universidad Pedagógica Enrique José Varona La Habana, Cuba.
- 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 Vccines 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 F¹, 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%20CATEDRA/Ana%20Maria%20del%20Prado/ApunteDeCatedraInformatic a.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/elvigia/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&tbm=isch&sa=1&ei=QmM MW7aIJYvazwLwzY3gAQ&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...5946.7853.0.8407.8.8.0.0.0.210.1286.0j5j2.7.0...0...1c.1.64.img..1.0.0...0.n zOdZtFimI#imgsrc=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

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 Consulta 30/06/2018

La enfermedad de Chagas (trypanosomiasis americana) 1 de febrero de 2018

[http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chagas-disease-\(american-trypanosomiasis\)](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chagas-disease-(american-trypanosomiasis)) 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.Conicet.gov.ar Consulta 22/10/2018

Epidemiología modelos de salud enfermedad Lifschitz

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_Edicion_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/cccss/27/teoria-sistemas.html

Morin E. Introducción al pensamiento complejo.

http://cursoenlineasincostoedgarmorin.org/images/descargables/Morin_Introduccion_al_pensamiento_complejo.pdf