



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

ANÁLISIS PREDICTIVO DE PARÁMETROS ENTOMOLÓGICO EN ESPECIES
TRIATOMÍNICAS TRANSMISORAS DE LA INFECCIÓN POR *Trypanosoma cruzi*
EN EL ESTADO SUCRE, VENEZUELA CON LA HERRAMIENTA MICROSOFT
POWER BI

MSc. Noris del Valle García Jordán

Trabajo de Ascenso presentado como requisito parcial para ascender a la
categoría de Profesor Asistente

Cumaná, 2021

**ANÁLISIS PREDICTIVO DE PARÁMETROS ENTOMOLÓGICO EN ESPECIES
TRIATOMÍNICAS TRANSMISORAS DE LA INFECCIÓN POR *Trypanosoma
cruzi* EN EL ESTADO SUCRE, VENEZUELA CON LA HERRAMIENTA
MICROSOFT POWER BI**

APROBADO POR:

JURADO

JURADO

JURADO

ÍNDICE

	Págs.
ÍNDICE	III
Págs.	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS	V
LISTA DE FÍGURAS	VI
RESUMEN	VII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	10
GENERAL.....	10
ESPECÍFICOS.....	10
METODOLOGÍA.....	11
Origen de los datos.....	11
Transformación y carga de datos	11
Modelaje y relación de las consultas	11
Graficación y desarrollo del análisis	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
CONCLUSIONES.....	29
BIBLIOGRAFÍA	29
METADATOS.....	43

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso y a la Virgen del Valle, por guiarme, protegerme, ayudarme y bendecirme en todo momento.

A mi abuela Mima y a mi madre Norys gracias por ser mi refugio, mi aliento y mi sustento. Sin ustedes mi vida sería vacía.

A mi padre Julio, porque sé que desde donde estás sigues apoyándome y cuidándome.

A mis hermanas Angelina y Chichita gracias por siempre brindarme su amor, apoyo, comprensión, solidaridad y ejemplos de vida.

A mis ahijados, sobrinos y primitos en especial a Bianca, Rodrigo, Miranda y María Fabiana ustedes son mis pequeños tesoros, mis amores chiquitos y mi legado espero que todos ustedes siempre vean que aun en contra de las adversidades los sueños se pueden hacer realidad.

A mi mejor amiga y hermana de la vida Diana Henríquez gracias por ser ese apoyo invaluable en los momentos de crisis y vivir conmigo las cosas buenas y malas de la vida.

A mi familia por su paciencia, comprensión y oraciones para la culminación de mi trabajo de ascenso.

A mi querida Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre a ti te debo no sólo mi formación profesional sino mis alegrías y tristezas, hoy que te veo abatida y en penumbras y que dependes de nosotros (alumnos, docentes, empleados, obreros y egresados) para que siga brillando tu luz y tus conocimientos, te doy las gracias por permitirme crecer profesionalmente y prometo llevarte siempre en alto.

AGRADECIMIENTOS

A la Licda. Diana Barraez y familia por sus valiosos aportes de las especies triatómicas y datos entomológicos para la realización de este estudio.

Al Licdo. Roosevelt Angulo por sus aportes y manejo de la plataforma Microsoft Power BI.

Al Profesor Manuel Centeno por sus orientaciones iniciales para este trabajo.

A la Profesora Tania Ramírez por su valiosa colaboración, sabios consejos, paciencia para con mi persona y mi trabajo.

LISTA DE FIGURAS

	Págs
Figura 1. Resultados del conteo total de datos provenientes de los estudios realizados a insectos triatóminos transmisores de la infección por <i>T. cruzi</i> en el estado Sucre 2012 – 2020.....	14
Figura 2. Ejemplar del género <i>Triatoma</i> sp. de sexo femenino capturado en una vivienda urbana de la ciudad de Cumaná - municipio Sucre.....	16
Figura 3. Vista en microscopio estereoscópico de la parte cefálica de un ejemplar de <i>Triatoma</i> sp. capturado en una vivienda del sector San Luís, en la ciudad de Cumaná, observando la posición característica de las antenas en esta especie.....	16
Figura 4. Resultado del número de insectos triatóminos capturados en zonas urbanas de la ciudad de Cumaná, Municipio Sucre.....	18
Figura 5. Comportamiento del número de capturas de insectos triatóminos infectados con <i>Trypanosoma</i> sp. a futuro bajo el modelo de predicción de suavizado exponencial de Power BI.	22

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el comportamiento de los parámetros entomológicos en especies triatomínicas transmisoras de la infección por *T. cruzi* en el estado Sucre con la herramienta Microsoft Power BI. Para ello se utilizaron los datos entomológicos de especies triatomínicas colectados por el Laboratorio de Diagnostico Serológico de Enfermedades Infecciosas del Postgrado en Biología Aplicada de la Universidad de Oriente desde el 2012 hasta el 2020. Con los datos compilados se creó un archivo de Excel que contenía parámetros específicos tanto de los insectos capturados, como de la vivienda, tiempo y lugar de captura. Una vez seleccionados los parámetros entomológicos se introdujeron en el editor de Power Query y se transformaron para ejecutar la carga de los mismos a la plataforma de Microsoft Power BI. Posteriormente se realizó una exploración de los datos disponibles para la correcta selección de las herramientas predictivas, la generación de algoritmos y se construyeron los modelos de aprendizaje automático, visualizando y desplegando los resultados en tableros que contenían gráficos de líneas y circulares. Una vez visualizado el tablero definitivo se realizó el análisis predictivo con el modelo de suavización exponencial al 95 % de confiabilidad. El tablero mostró que se colectaron un total de 111 ejemplares. Los géneros identificados fueron *Triatoma* sp., *Rhodnius* sp. y *Panstrongylus* sp., de estos la mayoría eran ejemplares adultos seguido de ninfas de quinto, cuarto, tercer y primer estadio, no se reportó la presencia de ninfas de segundo estadio, huevos o heces. Un solo ejemplar se encontraba positivo para la infección por *Trypanosoma* sp. En cuanto a su ubicación el mayor porcentaje de triatóminos fueron colectados en el intradomicilio y se reportó la presencia de estas especies en los municipios Sucre, Mariño, Ribero, Benítez, Arismendi, Cajigal, Cruz Salmerón Acosta, Libertador y Montes. El modelo de suavización exponencial arrojó un pronóstico para el conteo de datos de la interacción de los ejemplares capturados y la presencia en estos con *Trypanosoma* sp. revelando que para el 2025 se espera un aumento considerable de más de 1200 ejemplares capturados y positivos para la infección con este parásito en las zonas rurales y urbanas del estado Sucre. Sin embargo, para los demás parámetros entomológicos esta herramienta no pudo realizar predicciones debido a la poca cantidad de datos recolectados.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Chagas, también llamada tripanosomiasis americana, es una enfermedad potencialmente mortal causada por el parásito protozoo *Trypanosoma cruzi*, la cual fue descubierta en 1909, por Carlos Chagas en el estado de Minas de Gerais, Brasil. Esta enfermedad es una patología exclusivamente neotropical, de amplia distribución, que abarca desde los 40° latitud norte hasta los 45° latitud sur (estado de Illinois, Estados Unidos hasta la provincia de Chubut, Argentina) (1, 2, 3).

Esta parasitosis afecta entre seis y ocho millones de personas en Latinoamérica, donde existen 25 millones de personas en riesgo, por estar en simpatria con áreas de distribución geográfica (21 países de América Latina) de los insectos vectores y mamíferos reservorios (3). Así mismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS), clasifica a esta parasitosis como una de las 17 enfermedades tropicales desatendidas en el mundo, lo cual implica que factores como la pobreza, la malnutrición, escasos recursos médicos y deficiencias sanitarias contribuyan a la propagación de la enfermedad, por lo que se afectan principalmente a grupos vulnerables como indígenas, población rural, mujeres, niños y ancianos, especialmente en países de ingresos bajos o moderados (4, 5, 6, 7).

Inicialmente, la enfermedad de Chagas estaba confinada a las zonas rurales de América Latina. Sin embargo, el incremento en los últimos años del movimiento migratorio hacia otras regiones del mundo como Australia, Europa, algunos países africanos, del medio oriente, pacífico occidental y el Norte de América son ahora lugares en los cuales se expande como una parasitosis no endémica, siendo las principales fuentes de infección los trasplantes de órganos y transfusiones de sangre de personas portadoras (8, 9, 3).

Estos patrones de inmigración han convertido a la enfermedad de Chagas en un problema de salud mundial, logrando que esta se encuentre en el tercer lugar de las enfermedades tropicales (después de la malaria y la

esquistosomiasis) expandidas a otros países no endémicos (10). Especialmente en Estados Unidos donde en estados como California se ha demostrado que más de trecientas mil personas están infectadas (11).

Estimaciones de varios autores independientes calculan que existen entre 80.000 y 120.000 infectados por *T. cruzi* en el continente europeo. España tiene el número más alto de inmigrantes procedentes de Latinoamérica. Lo que coincide con que desde 2003 se denota un aumento en el número de consultas con pacientes afectados (12, 13, 14). Hasta 2007 se estimaba que 25 de cada 1000 inmigrantes latinoamericanos en España podrían estar infectados (15).

En Venezuela desde el año 2007, se han detectado varios brotes (microepidemias escolares, microepidemias familiares y casos agudos en grupos pequeños de pacientes) de la enfermedad de Chagas por contaminación de alimentos con heces de triatóminos (transmisión oral), la mayoría registrados entre las regiones central y occidental del país. Además del reconocimiento y reporte de insectos reduvídeos hematófagos como *Panstrongylus geniculatus* y *Rhodnius prolixus* en zonas urbanas, cuando en décadas pasadas estaban en su mayoría en zonas rurales del país. (16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23).

Añez *et al.*, (24) reportaron un brote de la enfermedad de Chagas por transmisión oral (con ingesta de helados de frutas caseros) en 27 individuos en la comunidad rural de Puerto Nuevo, municipio Libertador del estado Táchira, demostrando que el efecto de la infección por *T. cruzi* transmitida por ingesta de alimentos o bebidas contaminadas, es similar e independiente de la edad, el sexo, la latitud del área endémica donde circula el parásito y del genotipo que la causa.

Actualmente, los estados endémicos que presentan seroprevalencias elevadas son los estados Trujillo, Lara, Portuguesa y Barinas ya que, en la zona de occidente son comunes las viviendas típicas de palma y bahareque; mientras que en los estados centrales: Carabobo, Aragua, Distrito capital y Miranda la seroprevalencia aunque un poco menor persiste. En estas zonas predominan viviendas rurales de riesgo, migración humana de zonas rurales a urbanas con

traslado de reservorios domésticos, urbanización desorganizada y deforestación (25, 26, 16). Recientemente los estados orientales (Anzoátegui, Monagas, Nueva Esparta) son considerados áreas vulnerables (27, 28).

Con respecto al estado Sucre se han llevado a cabo durante dos décadas, estudios seroepidemiológicos de la enfermedad de Chagas en zonas rurales, así como de la presencia de insectos triatóminos responsables de la transmisión de la enfermedad. Diferentes investigadores han reportado que en los municipios Sucre, Ribero y Montes existe una seroprevalencia significativa de esta parasitosis asociada a la presencia de vectores como *R. prolixus*, *Triatoma maculata* y *P. geniculatus* (29, 30, 31, 32, 33, 34). Sin embargo, García – Jordán *et al.*, (35) realizaron un estudio seroepidemiológico extenso para los 15 municipios del estado Sucre determinando que la seroprevalencia para el estado es baja en comparación con los estados endémicos del país (zona Centro Occidental).

Destacando que el mayor número de individuos seropositivos se encontró en los municipios pertenecientes a la región del golfo de Cariaco, debido a que predominan características geográficas tales como: zonas cafetaleras, pie de monte y variables climáticas de temperaturas y humedad relativa, que favorece la transmisión de la infección por *T. cruzi*, Sin embargo, las características geográficas y climatológicas para los municipios ubicados en el golfo de Paria (36), no son las más adecuadas para mantener la cadena epidemiológica, tanto del vector, como del parásito. Es por ello que en la mayoría de municipios ubicados en este golfo no se encontraron individuos seropositivos (37).

Originalmente, *T. cruzi* solo afectaba a los animales salvajes; pero con el pasar de los años (aproximadamente 9000 años) se propagó a los animales domésticos y los seres humanos, ya que, el número de animales silvestres que conviven o se encuentran en los alrededores de las zonas rurales sirven de reservorio al parásito y hacen posible la cadena de transmisión, por ello esta parasitosis no puede erradicarse (4). Razón por la cual, en Latinoamérica se dio inicio a un control con el rociado de insecticidas a las casas de alto riesgo en la

década de los 40, sin embargo, no fue hasta hace cuatro décadas que se inició la implementación de programas de control vectorial. Estos programas de control de los triatóminos, han tenido como resultado una notable reducción de la transmisión vectorial, en países, como Chile, Uruguay, Argentina y amplias partes de Brasil (38).

En Venezuela, el Programa Nacional de Control de la Enfermedad de Chagas (PCECH) fue ejecutado y financiado por el antiguo Ministerio de Salud, iniciándose en los años 50 y utilizaba como estrategia principal el control de vectores mediante el uso de insecticidas de acción residual, fumigando las casas rurales y su peridomicilio. Desde 1952 a 1998, se utilizaron insecticidas como DDT, dieldrín, propoxur, lindano y fenitrotión en casas de bahareque y palma. A partir de abril de 2000, se empezó a utilizar lambda-cyhalothrin en casas con paredes de bloques de cemento y techos de zinc (39).

A finales de los años noventa la reaparición de la malaria y el surgimiento del dengue hemorrágico, han hecho que la enfermedad de Chagas deje de ser la prioridad para el Ministerio de Salud y Asistencia Social, teniendo como consecuencia la disminución de los recursos asignados para el PCECH, hecho que condujo a una reducción en la aplicación de insecticidas en zonas endémicas o de riesgo, así como de la vigilancia entomológica (40).

En el estado Sucre, la situación es de completa incertidumbre desde 1982, cuando el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, abandonó todo lo referente a las campañas de prevención y control de la enfermedad de Chagas, dando paso al control de la malaria exclusivamente (41).

T. cruzi se desarrolla con éxito en un gran número de insectos reduvídeos, hemípteros, hematófagos, conocidos como chipos, chupones, chinches, chinchas, barbeiros, pitos o vinchucas; no obstante, existen varias especies transmisoras de la enfermedad. En Latinoamérica, las especies de mayor relevancia epidemiológica son *R. prolixus*, *T. maculata*, *Triatoma infestans*, *Triatoma brasiliensis*, *Triatoma dimidiata*, *Triatoma sordida*, *P. geniculatus* y *Panstrongylus*

megistus, éstos tienen la habilidad de invadir las casas y defecar durante o inmediatamente después del proceso de alimentación, por lo cual son considerados buenos vectores para la transmisión humana (42, 43, 44).

Los primeros casos de infección por *T. cruzi* en vectores en Venezuela fueron descritos por Enrique Tejera en 1919, logrando aislar al parásito del intestino de *R. prolixus* y *Eratyrus cuspidatus* en los Estados Zulia y Trujillo. Posteriormente, José Francisco Torrealba desde 1933 realizó varios trabajos de investigación en los estados centrales de Venezuela, con lo cual se demostró que la mayoría de las miocarditis crónicas de pacientes que pertenecen a medios rurales eran de origen chagásico. A partir de 1936 y en base a los trabajos publicados por Félix Pifano, se crean las bases para los estudios epidemiológicos, entomológicos y clínicos de la enfermedad de Chagas en el país (45, 46, 47, 48, 49).

R. prolixus fue una de las primeras especies del género *Rhodnius* en ser descrita, a partir de especímenes domésticos colectados en viviendas al norte de Venezuela. Siendo el vector más eficiente en la transmisión de *T. cruzi*, por sus hábitos fundamentalmente domiciliarios y su buena capacidad para infectarse y transmitir el parásito. Es el vector más importante de la enfermedad de Chagas en Venezuela y Colombia, así como en varios países de América Central y el Sur de México, donde es considerado una especie introducida por accidente (50,49).

El principal vector domiciliario en Venezuela es *R. prolixus*, mientras que *T. maculata* y *P. geniculatus* son los vectores silvestres conocidos en Venezuela como chipos o chupones. Los reservorios más importantes que intervienen en la transmisión vectorial son el hombre, los gatos, los perros y los roedores (51).

No obstante, algunos autores, luego de suscitarse las diferentes microepidemias, describen como en Venezuela, en su ciudad capital a pesar de poseer características de una ciudad cosmopolita, con una densa población, rodeada por montañas y cerca de un bosque tropical, se ha favorecido en los últimos años la presencia del triatomino selvático *P. geniculatus*, el cual se ha

registrado desde 1920 como vector selvático local. Posteriormente, para el año de 1986 se demostró que este vector tenía hábitats tanto en el peridomicilio como el intradomicilio con una alta tasa (76.1%) de infección por *T. cruzi* (52, 16, 17).

Para el estado Sucre los estudios más recientes de la situación vectorial demuestran que *Triatoma maculata* es la especie con mayor presencia y que actualmente está colonizando las viviendas rurales del estado, situación similar a la estudiada por otros investigadores para los estados centro occidentales. Aunado a lo anterior, estos estudios reportaron la presencia en el estado Sucre de las especies *Rhodnius robustus* y *Rhodnius pictipes*. Estas especies han sido reportadas tanto en áreas endémicas como no endémicas, pero no para este estado (53).

Una manera de poder actualizar los datos en cuanto a la situación vectorial de Venezuela y en especial del estado Sucre, es haciendo muestreos sistemáticos en las viviendas, tanto de zonas rurales como urbanas, con el fin de determinar la presencia de estos insectos triatóminos, sus huevos o heces (4). Los datos proporcionados por estos estudios indicarían a las autoridades sanitarias, cuales son las medidas que se deben tomar para evitar la proliferación de triatóminos con lo cual, se estaría interrumpiendo, en gran medida, la cadena de transmisión de la enfermedad de Chagas. Sin embargo, la emergencia sanitaria que afronta el mundo y nuestro país por la pandemia del SARS-CoV-2 (54) impide a los investigadores realizar las labores de búsqueda en las viviendas.

Desde el 13 de marzo de 2020 se confirmó el primer caso de Covid para nuestro país y de manera inmediata se colocaron en funcionamiento las medidas sanitarias necesarias para evitar el aumento y expansión de casos. A pesar de esto, actualmente nos encontramos en la semana 66 de la enfermedad con 276 395 casos y 3154 fallecidos (54). Razón por la cual se hace difícil no sólo el traslado a las viviendas para ser examinadas, sino el ingreso al domicilio debido al miedo que sienten los habitantes de ser contagiados con este virus.

Sabiendo la importancia de poder tener una correcta vigilancia de los parámetros epidemiológicos de cualquier enfermedad en estos tiempos restrictivos de pandemia, los investigadores podemos recurrir a herramientas y modelos estadísticos que nos permiten, con datos recolectados en tiempos pasados, reconocer la tendencia a futuro de las variables que influyen en una enfermedad (55). Por ello es fundamental realizar la descripción, procesamiento y el análisis de la información obtenida, de tal manera que se pueda conocer de forma continua, rápida y efectiva la visualización de cómo las diferentes variables pueden afectar o no a la población y a su vez estos resultados nos permiten tomar decisiones para prevenir su contagio o expansión (56).

Una de las herramientas que se utiliza con este propósito es la Inteligencia de Negocios (BI), esta puede analizar datos en tiempo real sobre cómo se está propagando una enfermedad y dónde están los focos principales. Existen numerosas evidencias de este tipo de tecnología, disponible para los líderes de negocios y gerentes del sistema de salud, estas servirían en la toma de decisiones que resulte en un mejor desempeño organizacional y reconocimientos de los parámetros epidemiológicos de una determinada enfermedad (57).

Microsoft Power BI, utiliza la inteligencia de negocios (BI) para el análisis de una gran cantidad de datos permitiendo conectar los datos de diversas fuentes y transformarlos para su visualización y posteriormente difusión (58). Esta plataforma de análisis e inteligencia empresarial posee una gran variedad de aplicaciones y servicios diseñados para proporcionar información visual, coherente e interactiva sobre los datos o parámetros seleccionados, dar forma a las diferentes fuentes, realizar análisis y visualización de los mismos y compartir conocimientos a través de estos procesos (59).

Una de las herramientas en la que se basa este tipo de plataformas es el análisis predictivo, el cual es considerado como un grupo de técnicas estadísticas que forman parte de la analítica avanzada, mediante las cuales se busca predecir sucesos futuros a partir de sucesos pasados. Gracias este tipo de análisis se

puede lograr predecir eventos futuros y mejorarlos con el fin de tomar decisiones. El análisis predictivo no es adivinatorio, ya que, se encuentra respaldado por múltiples técnicas estadísticas como la modelización, aprendizaje automático y minería de datos. Estas son algunas de las técnicas encargadas de otorgar un buen grado de confianza a sus análisis (58).

Muchos investigadores, centros de salud y gobiernos en todo el mundo están utilizando Microsoft Power BI para analizar variables que influyen la expansión de enfermedades como cáncer, VIH, Covid, neumonía, entre otras. Además de poder explicar el comportamiento de las variables que influyen en estas enfermedades en la población de forma semanal, mensual o anual (57, 58, 59).

Vivas y Vivas (57) realizaron un análisis de los principales indicadores y variables para la pandemia del covid-19 en Ecuador, tomando como fuente las cifras oficiales brindadas por el Ministerio de Salud Pública. Estos investigadores pudieron demostrar que plataformas de inteligencia de negocios como Microsoft Power BI resultan ser una herramienta con muchas ventajas cuando se desea presentar resultados eficientes y rápidos, que puedan prever el comportamiento de los indicadores de mortalidad, número de casos estructurados por sexo, edad, ubicación geográfica, población de riesgo, etc.

En este mismo sentido López *et al.*, (58), demostraron la utilidad de Microsoft Power BI como herramienta ideal a la hora de interpretar cualquier clase de datos, no únicamente empresariales, sino los relacionados con la pandemia global de Covid 2019, pudiendo obtener predicciones en cuando a parámetros como el aumento o la disminución número de casos diarios o mensuales de esta enfermedad.

En otras áreas se ha podido encontrar investigadores que utilizan esta herramienta por su interactividad, versatilidad y fácil manejo. García *et al.*, (60), reportaron el mal uso de antimicrobianos en general, o de algún grupo terapéutico, utilizando los datos publicados por el Colegio Oficial de Farmacéuticos de Santa

Cruz de Tenerife, España. Demostrando que variables como cantidad de medicamentos, principio activo, año y municipios pueden ser muy útil a la hora de informar a la población general o a profesionales de la salud sobre los diferentes aspectos del uso indiscriminado de antimicrobianos u otros compuestos.

En Venezuela, no existen aún estudios donde se utilice Microsoft Power BI para evaluar el comportamiento a futuro de las variables epidemiológicas que propician la transmisión de *T. cruzi* en los diferentes estados endémicos y no endémicos. Así como tampoco, hay referencias de investigaciones que utilicen datos históricos de parámetros entomológicos como sexo del insecto, lugar y fecha de captura, género o especie, estadio, presencia de huevos o de heces infectadas o no con *T. cruzi*. Datos que este tipo de herramienta puede, en estos tiempos de restricción por la pandemia mundial de Covid 2019, arrojar resultados que realicen proyecciones de cómo se encuentran estos parámetros sin necesidad de ir a las viviendas para realizar búsquedas activas del insecto, hasta que cese la pandemia y permita a los investigadores y personal de salud seguir recabando datos tanto epidemiológicos como entomológicos, necesarios para poder determinar la situación de la enfermedad de Chagas en tiempos de pandemia.

Por lo anteriormente expuesto y debido a la reemergencia de la enfermedad de Chagas en otras regiones del país es de vital y notable importancia, evaluar el comportamiento de los parámetros entomológicos en especies triatómicas transmisoras de la infección por *T. cruzi* en el estado Sucre con el fin de obtener proyecciones que nos indiquen la situación actual y futura de los vectores y que a su vez nos permitan entender como la biología de estos insectos influye en la cadena de transmisión de esta parasitosis.

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el comportamiento predictivo de los parámetros entomológicos en especies triatomínicas transmisoras de la infección por *Trypanosoma cruzi* en el estado Sucre, con la herramienta Microsoft Power BI.

ESPECÍFICOS

Realizar la extracción de datos entomológicos obtenidos en el estado Sucre desde 2012.

Transformar y normalizar los datos obtenidos según los criterios de la aplicación Microsoft Power BI.

Realizar el modelaje de los datos seleccionados y expresarlos en tablas y figuras.

Determinar la situación actual y futura de las variables entomológicas con el modelo predictivo de sensibilización exponencial de Microsoft Power BI.

Analizar cómo pueden afectar estos parámetros la cadena epidemiológica de la infección por *Trypanosoma cruzi*.

METODOLOGÍA

Origen de los datos

Para este trabajo se utilizaron los datos entomológicos colectados por el Laboratorio de Diagnostico Serológico de Enfermedades Infecciosas (LDSEI) del Postgrado en Biología Aplicada, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, desde el 2012 hasta el 2020 como resultado de las recopilaciones realizadas en proyectos de investigación, así como los resultados del análisis de insectos triatóminos colectados por los habitantes de las diferentes parroquias del municipio Sucre y llevados hasta el LDSEI. Con los datos colectados se creó un archivo de Excel que contenía parámetros específicos tanto de los insectos capturados, como de la vivienda, tiempo y lugar de captura.

Transformación y carga de datos

Una vez seleccionados los datos entomológicos a evaluar se introdujeron en el editor de Power Query, el cual es una ventana muy importante dentro de la plataforma Microsoft Power BI. Esta permite al usuario la conexión de los datos, con el fin de transformarlos para su posterior análisis (58, 61). Las transformaciones se realizaron quitando columnas con datos no importantes (nombre del jefe de la vivienda, dirección, número y edades de las personas que integran la vivienda), cambiando el tipo de los datos, anexando y combinando filas o columnas, limpiando datos incorrectos o incompletos y añadiendo campos calculables. Una vez transformado los datos se procedió a ejecutar la carga de los mismos a la plataforma.

Modelaje y relación de las consultas

El modelaje es la relación que las consultas (predicciones o posibles proyecciones que puedan generar los datos) tienen entre ellas como si de una base de datos se tratara. En una base de datos se debe crear claves primarias y secundarias, además de asignar si la relación es 1 a N (ya que hay varias entradas para un mismo dato) (58). Una vez hechas las consultas se realizó una

exploración de los datos disponibles para la correcta selección de herramientas, la generación de algoritmos. Con esta información se construyeron los modelos de aprendizaje automático, se visualizaron y desplegaron los resultados en tableros y posteriormente se hizo un proceso de evaluación, seguimiento y mejora (62).

Graficación y desarrollo del análisis

Una vez realizada la modelación y relación de las consultas se pudo obtener la visualización de los datos recogidos y se realizó el análisis de Inteligencia de Negocios y su posterior análisis predictivo con el programa de análisis de suavización exponencial con un porcentaje de confianza de 95% para obtener predicciones del comportamiento de cada uno de los parámetros entomológicos desde el 2020 hasta el 2025.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente estudio se realizó con los datos entomológicos compilados de las diferentes investigaciones realizadas por el LDSEI sobre insectos triatóminos transmisores de la infección por *T. cruzi* en el estado Sucre desde 2012 hasta el 2020, colectando un total de 111 datos, provenientes de los siguientes parámetros estudiados: sexo, estadio del insecto, especie, presencia del parasito en el insecto, localización en la vivienda (intradomicilio o peridomicilio), lugar de captura (zona rural o urbana) y municipio. Con estos valores se creó una base o conjunto de datos digital utilizando el programa Microsoft Excel.

La figura 1 muestra el tablero resumen con la siguiente información: se colectaron un total de 54 machos (48,65%), 29 hembras (26,13%) y 28 indeterminados (25,23%). Del 100% de los ejemplares 76 individuos (68,47%) fueron identificados como pertenecientes al género *Triatoma*, 31 (27,93%) del género *Rhodnius* y 4 (3,60%) al género *Panstrongylus*. Del total de insectos triatóminos colectados 96 (86,49%) eran adultos, 6 (5,41%) eran ninfas de quinto estadio, 2 (1,80%) ninfas de cuarto estadio, 6 (5,41%) ninfas de tercer estadio y 1 (0,90%) ninfa de primer estadio. En ninguna de las investigaciones evaluadas se encontraron ninfas de segundo estadio, huevos o heces y solo el 0,90% (1) de los ejemplares estaba positivo para la infección por *Trypanosoma* sp. En cuanto a su ubicación, 96 (86,49%) de los ejemplares fueron colectados en el intradomicilio mientras que solo 15 (13,51%) en el peridomicilio. Así mismo, el mayor número de individuos se reportaron en zonas rurales (50,45%) siendo los municipios Sucre (47,75%), Mariño (22,52%), Ribero (21,62%), Benítez (3,60%), Arismendi (0,90%), Cajigal (0,90%), Cruz Salmerón Acosta (0,90%), Libertador (0,90%) y Montes (0,90%) los que reportaron presencia de especies triatomínicas para el estado.

Este es el primer trabajo donde se utiliza esta herramienta de análisis de inteligencia empresarial (Microsoft Power BI) para evaluar el comportamiento de los datos biológicos y específicamente de los parámetros entomológicos de los insectos triatóminos encargados de transmitir la infección por *T. cruzi*. Lo cual, es

de suma importancia, ya que, según organismos internacionales como la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud, esta parasitosis hasta los actuales momentos sigue siendo desatendida, de zonas donde abundan condiciones de pobreza, insalubridad, construcción de viviendas con materiales de mala calidad como bahareque y palmas, tala, quema de selvas y bosques y animales domésticos dentro de las viviendas (4).



CSA = Cruz Salmeron Acosta

Figura 1. Resultados del conteo total (tablero) de datos provenientes de los estudios realizados a insectos triatóminos transmisores de la infección por *T. cruzi* en el estado Sucre 2012 – 2020.

Por lo tanto, hasta ahora no existe en la bibliografía artículos científicos o reportes donde se utilicen plataformas como Power BI en el análisis de datos entomológicos no sólo para insectos triatóminos sino para cualquier otro estudio

biológico de la infección por *T. cruzi*. En Venezuela los trabajos realizados con esta herramienta de análisis de datos van orientados hacia la industria económica y la predicción de parámetros económicos como valor de criptomonedas, o el valor de monedas extranjeras (dólar, euro, lira, yen, etc.). Sin embargo, en otros países tanto de Latinoamérica como Estados Unidos o Europa están utilizando esta herramienta para el análisis de datos en biotecnología, medicina, farmacia, microbiología y más recientemente con la cantidad de datos que genera la pandemia de Covid – 2019 en el mundo (55, 56, 57, 58, 60, 61).

El conteo de los datos producto de la observación de los diferentes parámetros resumidos en el tablero demuestra que a pesar de que Venezuela es un país endémico, dentro de la zona oriental, el estado Sucre mantiene una baja presencia de especies triatomínicas y de infección de estos insectos con *T. cruzi*. A lo largo de siete años de investigaciones independientes por el LDSEI en el estado Sucre se han encontrado que los principales géneros de importancia epidemiológica que se encuentran tanto en el interior de las viviendas como en la periferia son *Triatoma*, *Rhodnius* y *Panstrongylus* (53,75). Siendo *T. macula* la especie que mas predomina en el intradomicilio (Figura 2 y 3) (35).

En Venezuela hasta el 2004 el principal transmisor de la enfermedad de Chagas era *R. prolixus* que tiene un hábitat primordialmente intradomiciliario y es responsable del 69% de los casos de transmisión. *T. maculata* es responsable del 30% de las transmisiones, tiene un hábitat peridoméstico pudiendo incursionar en las viviendas en busca de alimento. Mientras que *P. geniculatus* se encuentra exclusivamente en ambientes selváticos o periselváticos, por lo que su importancia como vector de la enfermedad es menor (74).



Figura 2. Ejemplar del género *Triatoma* sp. de sexo femenino capturado en una vivienda urbana de la ciudad de Cumaná - municipio Sucre.



Figura 3. Vista en microscopio estereoscópico de la parte cefálica de un ejemplar de *Triatoma* sp. capturado en una vivienda del sector San Luís, en la ciudad de Cumaná, observando la posición característica de las antenas en esta especie.

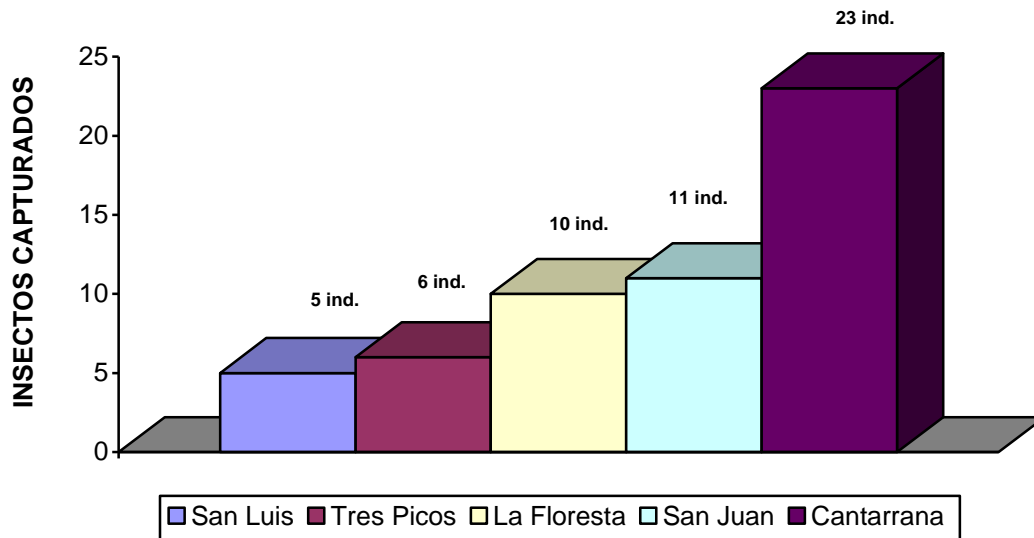
Sin embargo, estudios realizados recientemente por algunos investigadores en áreas no endémicas en las cuales se han presentado brotes de la infección por *T. cruzi* han demostrado que el desarrollo urbanístico, por lo general desordenado, ha permitido la invasión de *T. maculata* al interior del domicilio y su adaptación desde hace muchos años, mientras que *P. geniculatus* de hábitat silvestre se encuentra actualmente en proceso de domiciliación, movilizándose de los ambientes boscosos a las casas, donde se alimenta de animales domésticos, mascotas y ratones, especialmente en las noches, mientras que en el día se oculta en grietas, cajas y otros sitios (16, 17, 18, 19, 20, 24, 25, 74).

Al respecto en Latinoamérica, Benítez - Alva *et al.*, (63) reportaron para México, la presencia de al menos 34 especies, 19 de ellas con infección natural por el parásito *T. cruzi*. En Chile, Olea (64) describe dos vectores responsables de la transmisión de la infección por *T. cruzi*, dentro de las viviendas se encuentra domesticando *Triatoma infestans*, y en el ciclo silvestre *Mepraia spinolai*. No obstante, se ha descrito una tercera especie, también silvestre, *Mepraia gajardoii*, que habita las playas y desiertos costeros de la primera y segunda región de este país. Mientras que en Colombia se han reportado 26 especies de triatóminos, siendo *R. prolixus* la más importante debido a su presencia en el intradomicilio (65, 66). Sin embargo, durante los últimos años debido al control vectorial aplicado a los países endémicos se ha evidenciado en este país, un desplazamiento de *R. prolixus* por *P. geniculatus* en el domicilio (67, 68).

Ecuador es otro de los países latinoamericanos donde se han reportado la presencia de 17 especies de triatóminos, considerando a *Rhodnius ecuadoriensis* y *Triatoma dimidiata* como los principales vectores domésticos involucrados en la transmisión del parásito (69). Otras especies como *Panstrongylus chinai*, *Panstrongylus howardi* y *Panstrongylus rufotuberculatus* son consideradas vectores secundarios de hábitos peri domiciliarios (70, 71, 72).

Otro aspecto relevante dentro de los parámetros entomológicos investigados son las preferencias de localización: tanto dentro o fuera de la vivienda, como de las características de las zonas geográficas donde habitan los insectos triatóminos. Muchos investigadores señalan que especies selváticas o peridomiciliarias, poco habituales y de poca predominancia en zonas urbanas o semirurales poseen la capacidad de adaptarse a ambientes domésticos lo cual, es la causa más común de perturbación en ambientes selváticos. Este fenómeno está fuertemente relacionado con la deforestación y modificación de su hábitat natural, lo que ha llevado a menoscabar sus fuentes de alimentación, forzando a las especies a recurrir a fuentes alimentarias en el domicilio y peridomicilio humano (76, 77, 78, 79). Este hecho está reflejado en los resultados obtenidos tanto para zonas urbanas (50,45%) como para zonas rurales (49,55%), siendo el municipio

Sucre, el que posee el mayor número de ejemplares capturados de zonas urbanas (figura 4).



Ind= individuos.

Figura 4. Resultado del número de insectos triatóminos capturados en zonas urbanas de la ciudad de Cumaná, Municipio Sucre.

La ciudad de Cumaná se encuentra ubicada dentro del municipio Sucre y posee características bioclimáticas tales como temperaturas que oscilan entre los 19 y 27 °C; humedad entre 70 (época seca) y 80 % (época húmeda); clima semiárido; pluviosidad anual de 375 mm, y altitud entre los 3 y los 2.600 msnm, así como tener zonas de piedemonte y agrícolas, condiciones que favorecen la reproducción, distribución y sobrevivencia de estos insectos en esta zona. Aunado a ello la ausencia de fumigación y prevención por parte del Programa Nacional de Control de la Enfermedad de Chagas pueden explicar la presencia de triatóminos en esa área geográfica donde hasta los momentos no está reportado (40, 41, 80, 81, 82).

Diferentes autores reportan que existen múltiples factores colectivos e individuales en las poblaciones humanas de diferentes zonas geográficas, las cuales representan factores de riesgo para la contraer la enfermedad,

particularmente las migraciones humanas estacionales y permanentes, los materiales de construcción de las viviendas, malos hábitos de higiene, hacinamiento, disposición del peridomicilio, convivencia con animales domésticos y silvestres, mitos, creencias y actitudes que favorecen no solo el éxito del ciclo biológico de los triatóminos sino que además influye en el mantenimiento de la cadena epidemiológica de *T. cruzi*. (35, 83,84, 85, 86, 87, 88). Todos los factores descritos anteriormente junto al componente ecológico probablemente han favorecido la presencia de especies del genero *Triatoma* sp. en zonas urbanas de la ciudad de Cumaná, lo cual representa un riesgo sanitario para sus habitantes. Más aun cuando la especie *T. maculata* ha sido reportada para zonas rurales del estado Sucre (53).

En cuanto a la presencia de insectos triatóminos hembras o machos en el estado Sucre se puede evidenciar que el mayor porcentaje lo tienen los machos sobre las hembras. Dentro de la biología de estos vectores es conocido que tienen un ciclo de vida anual y este puede variar dependiendo del género, la especie, las condiciones ecológicas, climáticas y la presencia de depredadores. Sin embargo, los machos son los primeros en pasar del último estadio de ninfas a la fase adulta con respecto a las hembras y aunado a esto, éstas pueden verse afectadas y tener más tiempo en el último estadio de ninfas si se encuentran en zonas con bajas temperaturas (89, 90). Esto podría explicar por qué en la mayoría de las investigaciones analizadas para este estudio la frecuencia era más machos que hembras.

Por otra parte, el dimorfismo sexual de los triatóminos ha servido como herramienta en la clasificación taxonómica de estas especies, en el diseño de protocolos para el control vectorial y como exitoso bioindicador de reinfestación en zonas donde se pudo interrumpir la transmisión de la enfermedad de Chagas por vectores triatóminos (91, 92, 93, 94). Según Falconer (95) los caracteres morfológicos como el de la genitalia, la cabeza, el tamaño de las alas, entre otros, son medibles y son los primeros que cambian en el transcurso de la evolución, su forma responde al compromiso entre las demandas del entorno y las del genoma

individual y del grupo. Por ello tienen un excelente papel en la identificación taxonómica, así como en el identificador de migraciones de estas especies de zonas silvestres o selváticas a las urbanas. Por otro lado, Dujardin *et al.*, (96) demostraron, aplicando técnicas de morfometría tradicional, que existen cambios en el dimorfismo sexual entre especies de *T. infestans* y *Rhodnius domesticus* capturados tanto en zonas silvestres como domiciliarias. Encontrando que estos cambios son indicadores de que estas especies silvestres están en fase de domiciliación, lo que conlleva al éxito en el mantenimiento de la cadena epidemiológica de la enfermedad de Chagas.

Son muy pocos los estudios que se han publicado acerca del dimorfismo sexual de los triatóminos tanto en el mundo como en Venezuela. En algunas investigaciones los autores concluyen que no existen diferencias significativas cuando se hacen los estudios de morfometría en diferentes especies tanto silvestres como domésticas. No obstante, en Paraguay López *et al.*, (97) determinaron que existe dimorfismo sexual en los especímenes recolectados en las zonas analizadas de la región occidental, mientras que en las zonas de la región orientales no son significativas. Resaltando que las diferencias de tamaño, variabilidad y conformación encontradas, sugieren que el proceso de domesticación es más reciente en las zonas de la región occidental. Por otra parte, Ancca *et al.*, (98) en Perú realizaron capturas de ejemplares de *Panstrongylus herreri* en los distritos de Jaén y Cajaruro, departamento de Amazonas, infiriendo que el dimorfismo sexual de tamaño no fue significativo al comparar machos con hembras de ambos distritos; más no así, con el dimorfismo de conformación, es decir, de la población original. Determinando que se trata de una misma población que ha tenido éxito migratorio mas no de domiciliación.

En Venezuela, Aldana *et al.*, (99) estudiaron el tamaño isométrico y la conformación de alas, cabezas y pronotos de ejemplares de *P. geniculatus* capturados activa y pasivamente en domicilios de zonas urbanas en Altigracia y Petare en la ciudad de Caracas y zonas rurales y/o silvestres de Sanare, estado Lara. Observando dimorfismo sexual entre el tamaño de las alas en los

especímenes capturados en Sanare, siendo las hembras mayores que los machos. Estos resultados sugieren que los cambios que se observan son productos de la adaptación que tiene esta especie selvática a los ambientes domiciliarios. Mientras que en la localidad de Xaguas, estado Lara, Torres *et al.*, (100) observaron diferencias en la conformación tanto de las cabezas de individuos de *T. maculata* de un mismo sexo de diferentes hábitats como de alas de machos de diferentes ambientes y como en el caso anterior estas diferencias no solo sugieren la domiciliación de los insectos si no una poderosa herramienta para estructurar un plan de interrupción de transmisión vectorial de la enfermedad en esta zona endémica de alta prevalencia.

En el estado Sucre no existen reportes o publicaciones que estudien el dimorfismo sexual entre individuos de los géneros y las especies que se han reportado para este estado. Es importante que para futuros trabajos de investigación se realicen en las especies colectadas y bien preservadas estos estudios de morfometría, poder indagar si existen o no estos cambios que sugiere la literatura que ocurren cuando las especies silvestres de triatóminos migran y se adaptan a zonas urbanas o al domicilio en zonas rurales.

Dentro de los análisis que se llevaron a cabo en este trabajo de investigación, está la aplicación del programa de análisis de suavización exponencial con el fin de poder obtener un pronóstico en un rango de tiempo (5 años), de cómo estos parámetros entomológicos se podían comportar a futuro. Una vez analizados todos los parámetros seleccionados (sexo, estadio del insecto, especie, presencia del parásito en el insecto, localización en la vivienda, lugar de captura y municipio) se construyeron los modelos de cada una de las variables para compararlos gráficamente en Power BI mediante su herramienta de Gráfico de líneas con un porcentaje de confianza del 95% lo que permite tener un pronóstico más certero.

La figura 5 muestra el recuento de la interacción de los ejemplares capturados y la presencia en estos de *Trypanosoma* sp. observándose que para

los próximos 5 años se espera un aumento considerablemente en la cantidad de insectos capturados infectados con el parásito que produce la enfermedad de Chagas en el estado Sucre (más de 1200 ejemplares para el 2025).

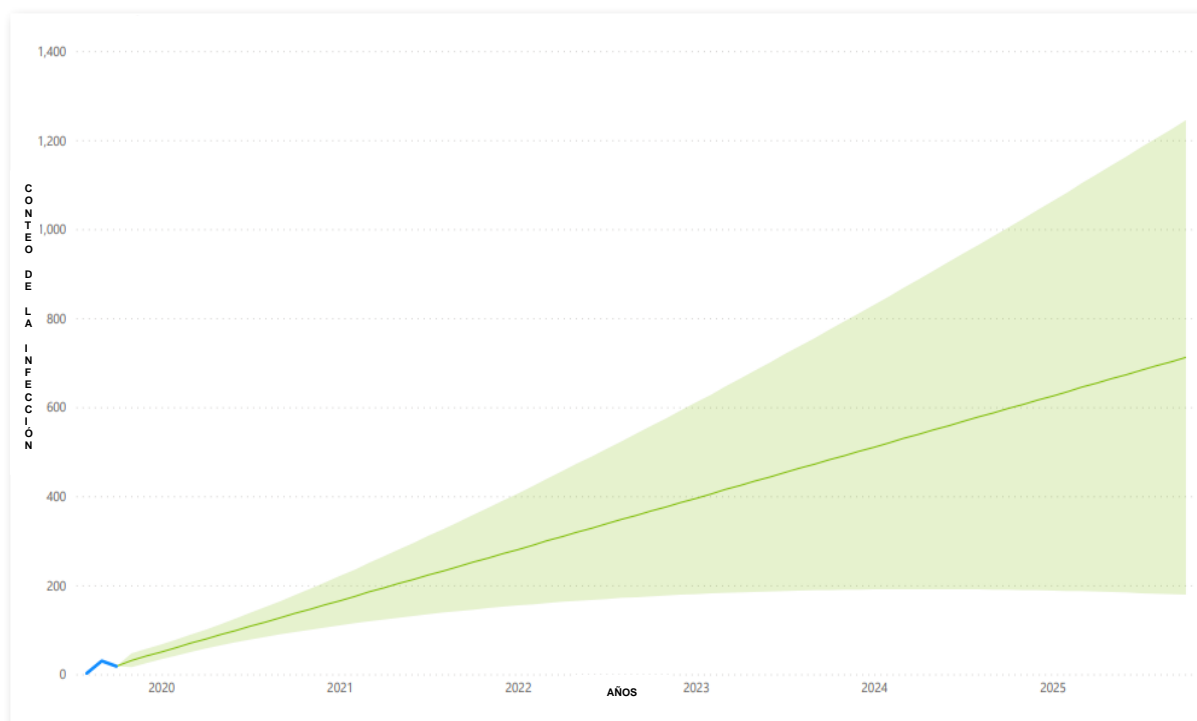


Figura 5. Comportamiento del número de capturas de insectos triatóminos infectados con *Trypanosoma* sp. a futuro bajo el modelo de predicción de suavizado exponencial de Power BI.

Este es el primer trabajo que se realiza en el país y en el estado Sucre, utilizando la plataforma de Power BI, y el programa de análisis de suavización exponencial, para realizar pronósticos de parámetros entomológicos de vectores triatóminos. Razón por la cual, en la bibliografía no existen hasta los actuales momentos investigaciones o publicaciones que hagan referencia a este tipo de evaluaciones con el interés de comparar resultados anteriores a los encontrados en esta investigación. En Venezuela los estados donde más se reportan la presencia de insectos triatóminos son Trujillo, Lara, Portuguesa, Barinas, Carabobo y Miranda debido a que poseen desde el punto de vista geográfico y climático, las condiciones ideales para el desarrollo de estas especies (27, 28,

101). Comparando estos resultados con los estados endémicos del país se puede inferir que dentro de los estados orientales el estado Sucre puede pasar a ser un estado endémico para la enfermedad de Chagas puesto que la transmisión vectorial hasta los actuales momentos es la principal vía de infección en humanos por *T. cruzi* en este estado (35, 53).

Tineo – González *et al.*, (102) realizaron en el 2021 un modelo de la distribución geográfica potencial para *P. geniculatus* demostrando que la zona norte costera de Venezuela específicamente los estados Lara, Yaracuy, Carabobo, Aragua, Miranda, Distrito Capital, Vargas, Monagas y Sucre serían los territorios más idóneos para la presencia de la especie por las condiciones bioclimáticas que presentan. Por otra parte, los autores sugieren que con este tipo de modelo se pudo analizar particularmente la superposición de los mapas de municipios de los estados Anzoátegui, Sucre y Monagas identificándolas como zonas de alta endemicidad de la especie y por ende revelándose áreas en las que no hay registros de presencia, pero si condiciones ecológicas idóneas para su potencial aparición. Este estudio pone en evidencia que el estado Sucre si posee desde el punto de vista geo-climático las condiciones necesarias para que aumente significativamente la presencia no sólo de insectos triatóminos para el año 2025, sino que estos, estén infectados con *T. cruzi*, tal como lo revela el pronóstico realizado con la herramienta Power BI y el modelo de suavización exponencial.

Aunque la bibliografía reporta que las especies de triatóminos son hematófagos al requerir la sangre de vertebrados para su nutrición y oogénesis; la fuente humana no es la única fuente de estos insectos. (103, 104, 105). Tanto en zonas rurales como en zonas urbanas la fuente de alimentación más frecuente, significativa y preferencial son los animales domésticos (perros, gatos, gallinas, palomas y ratas) (106). Al respecto Schofield y Gorla (107), reportan que estos insectos en zonas silvestres o cerca de las viviendas en zonas rurales pueden refugiarse en nidos de aves pequeñas, en los nudos interfoliares de las palmas, en madrigueras de mamíferos pequeños, madrigueras de zarigüeya o de armadillo,

cuevas, árboles huecos o piedras apiladas que pueden ser frecuentadas por diversos vertebrados. Por otra parte, se han realizado análisis de los patrones alimentarios de especies como *R. prolixus* colectados en zonas silvestres, lo que permitió conocer el carácter eurófago que puede predominar en su alimentación y su preferencia alimentaria por animales domésticos sobre la fuente humana, la cual se identificó en menor proporción (108). Berrizbeitia *et al.*, (109) en el 2013 determinaron en el estado Sucre la prevalencia de la infección por *T. cruzi* en cánidos, reportando que de 363 perros el 22,03 % estaban infectados para una prevalencia general de 21,5%. Los autores concluyen que al analizar los índices seroepidemiológicos para la infección por *T. cruzi* en perros, se evidencia que aproximadamente el 50 % de los centros poblados rurales tiene un porcentaje importante de perros infectados en sus viviendas.

Todo lo descrito anteriormente nos demuestra que el estado Sucre no sólo posee las características ambientales necesarias para la efectiva sobrevivencia y aumento de los insectos triatóminos si no que a pesar de la baja prevalencia reportada por Garcia – Jordán *et al.*, (53) en el 2017 los insectos al preferir otras fuentes alimenticias y no la humana están en constantemente riesgo de infectarse, puesto que algunos vertebrados reservorios como los perros pueden estar infectados y así mantener la cadena epidemiológica de esta enfermedad activa. El que herramientas como Power BI y su programa de predicción de suavización exponencial brinden un pronóstico de la situación vectorial en cuando al aumento de la presencia en las comunidades tanto rurales como urbanas de estos insectos triatóminos y que además el aumento es de los casos positivos a estar infectados con *Trypanosoma* sp. es un llamado de alerta a las autoridades sanitarias y la comunidad científica, para no sólo procurar programas que tengan efectivos planes de control vectorial de las especies que se encuentran transmitiendo la enfermedad de Chagas en este estado, si no de corroborar los datos que esta herramienta nos ofrece a través de nuevas recolecciones de datos en zonas rurales y urbanas y así mantener vigente la base de datos que permita seguir pronosticando en años venideros.

No obstante, a pesar de los excelentes resultados de predicción para la presencia de este insecto y estar infectado con *Trypanosoma* sp. esta herramienta no pudo hacer pronósticos a futuros para los demás parámetros seleccionados. Es importante resaltar que, a diferencia de otros métodos predictivos, el suavizado exponencial funciona con muy pocos registros de periodos anteriores, destacando los hechos más recientes sobre los más antiguos, más no con poca cantidad de datos. Cuando se realizan pronósticos simples con regresiones lineales es una tarea simple en Power BI. Sin embargo, cuando la historia de los datos no es sencilla, no se disponen de una gran cantidad de datos y posee una gran cantidad de factores irregulares, que no pueden ser explicables por cálculos matemáticos, este tipo de programas de análisis predictivos no funciona (110). Por lo que se recomienda o transformar de nuevo los datos para ajustarlos al modelo matemático o utilizar otras de las aplicaciones de análisis predictivos que posee la herramienta de Power BI.

Aunque se trataron de transformar los datos de forma cuantitativa a forma cualitativa para ajustarlas a las exigencias de este tipo de modelo predictivo no se obtuvo ningún resultado de pronóstico en los demás parámetros seleccionados. Por lo tanto, se recurrió a los otros modelos de la plataforma como el Clustering que es una función propia del aprendizaje no supervisado de Machine Learning en Power BI que permite a partir de variables continuas realizar un análisis de grupos y poder generar pronósticos predictivos de los datos seleccionados. Sin embargo, bajo este modelo no se tuvo éxito alguno en producir predicciones con tan pocos datos (58, 110).

Otro de los modelos predictivos que ofrece la plataforma de Power BI es el Árbol de decisión. En este modelo se realiza una diferencia entre un árbol de clasificación y uno de regresión (58, 110). No obstante, al tener una base de datos con pocos valores posibles, el programa solo puede realizar un árbol de clasificación y por ende no se pueden realizar proyecciones de predicción en años.

La predicción con Redes Neuronales es un software capaz de imitar el

método de aprendizaje del cerebro humano, el cual lo consigue mediante la formación de neuronas. Estas redes están conformadas de varias capas de datos formadas a su vez por varias neuronas. El análisis predictivo se utiliza en estas redes neuronales para aprender sobre datos históricos que conlleven una base de datos no menor de tres millones de items con los cuales se pueden hacer pronósticos de valores futuros (58, 110). Mientras que el modelo autorregresivo integrado de media móvil (ARIMA) utiliza modelos matemáticos de regresión para encontrar patrones que ayuden a realizar predicciones en el futuro, al igual que en las redes neuronales se necesitan una gran cantidad de datos para poder aplicarla. Por ello, una de las limitaciones para el uso de estas herramientas es la poca cantidad de datos que se recolectaron a lo largo de siete años de investigaciones sobre los insectos triatóminos en el LDSEI para el estado Sucre.

Por último, la plataforma de Power BI posee el modelo de predicción TBATS de sus siglas en inglés Trigonometric seasonality, Box-Cox transformation, Arma errors, Trend and Seasonal components. Este modelo se encarga de detectar estacionalidades en una amplia base de datos lo cual es un factor que ayuda a pronosticar eventos a futuros (58, 110). En este caso no se detectaron estacionalidad en los datos que nos pudieran sugerir eventos o pronósticos a futuros con los parámetros seleccionados.

Otros autores han reportado problemas similares con esta herramienta de predicción dentro de la plataforma Power BI en sus investigaciones. Vivas y Vivas (55) en el 2021, infieren que los modelos de ajuste y predicción para el número de casos acumulados de Covid – 2019 en provincias de Ecuador, aplicando los modelos logísticos de predicción exponencial y Gompertz por medio del software R, muestran un alto nivel de ajuste de acuerdo al coeficiente presentado en los municipios Pichincha, Manabí, Los Ríos y Santo Domingo, pero en el caso de Guayas, el número de casos real no supera al valor necesario del modelo logístico y de Gompertz respectivamente, con lo cual los modelos no podrían predecir valores a futuro para esta provincia.

Aunque la importancia de esta herramienta se vio menoscabada con la falta de datos para evaluar el comportamiento a futuro de parámetros como: sexo, estadios del insecto, tipos de especie presentes, aumento o disminución de presencia en zonas rurales o urbanas, localización en la vivienda y municipio. Se pudo demostrar que es una herramienta de gran utilidad en tiempos de pandemia para interpretar cualquier clase de dato histórico y poder dar una visión a futuro del aumento de la presencia de insectos infectados con *Trypanosoma* sp. Lo que genera un apoyo invaluable a las autoridades sanitarias para tomar decisiones y ejecutar planes con antelación para que la cadena epidemiológica del parásito y de los vectores sea interrumpida.

Al tener menos restricciones en la circulación dentro del estado Sucre, con el proceso de vacunación contra el SARS-CoV-2 se podrá seguir recolectando datos entomológicos de los triatóminos, con el fin de aumentar la base de datos y poder obtener pronósticos en los parámetros que bajo los modelos predictivos de Power BI no pudieron ser evaluados. Y así poder entender la biología, ecología y evolución de estos insectos.

El presente trabajo presentó una perspectiva que se ha generado con el estudio de la enfermedad de Chagas, específicamente de los insectos vectores responsables de la transmisión de la infección por *T. cruzi* desde el 2012 hasta el 2020 por el LDSEI, siendo este el primer trabajo en el estado Sucre y en Venezuela en utilizar una herramienta de negocios como Microsoft Power BI para evaluar el comportamiento de parámetros entomológicos obtenidos de diferentes trabajos de investigación. Luego de coleccionar los datos y procesarlos, se evidenció que a pesar de que existe una baja presencia de especies triatomínicas y que estas se encuentran en mayor porcentaje en zonas rurales y no urbanas. El pronóstico de este tipo de herramientas de análisis de datos, pone en evidencia que dentro de cinco años el estado Sucre puede aumentar considerablemente no sólo la presencia de estos insectos en el intradomicilio o en peridomicilio, sino que van a encontrarse infectados con *Trypanosoma* sp. puesto que este estado tiene el potencial bioclimático y presencia de vertebrados que son reservorios del

parasito lo que puede garantizar el éxito del mantenimiento de la cadena epidemiológica tanto de la enfermedad como del parásito.

CONCLUSIONES

El estado Sucre mantiene una baja presencia de especies triatomínicas y de infección de estos insectos con *T. cruzi*. Siendo el intradomicilio y las zonas rurales donde más se reporta su captura.

La mayoría de los ejemplares capturados eran adultos y del género *Triatoma* sp., no se encontraron ninfas de segundo estadio, huevos o heces.

El modelo predictivo de suavización exponencial de Power BI pronostica un aumento significativo de la presencia de ejemplares triatóminos infectados con *Trypanosoma* sp. para el año 2025.

No se pudieron obtener pronósticos a futuro de los demás parámetros seleccionados debido a la baja cantidad de datos obtenidos en este estudio.

La plataforma Power BI es una excelente herramienta empresarial que nos permite en el área biológica y en tiempos de pandemia procesar y analizar datos históricos para evaluar el comportamiento a futuro de los datos estudiados.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Botero, D. y Restrepo M. 2003. *Parásitosis humanas*. Corporación para Investigaciones Biológicas, Medellín.
- 2) Prescott, L.; Harley, J. and Klein, D. 2004. *Microbiología*. Quinta Edición. Editorial McGraw Hill – Interamericana de España S.A. Madrid.
- 3) World Health Organization. 2021. Chagas Disease (American trypanosomiasis). <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs340/es/>> (junio 2021).
- 4) Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. 2021. Día mundial de la enfermedad de Chagas. <<https://www.paho.org/es/campanas/dia-mundial-enfermedad-chagas-2021>> (mayo, 2021).
- 5) Rawlings, E. y Sethi, A. 2011. Chagas disease: Coming to a place near you. *Dermatol Clin.*, 29: 53 – 62.
- 6) Bermúdez, J.; Davies, C.; Simonazzi, A.; Real, J. and Palma, S. 2016. Current drug therapy and pharmaceutical challenges for Chagas disease. *Acta Trop.*, 156: 1 - 16.
- 7) Houweling, T.; Karim - Kos, H.; Kulik, M.; Stolk, W.; Haagsma, J. and Lenk, E. 2016. Socioeconomic Inequalities in Neglected Tropical Diseases: A Systematic Review. *PLoS Negl Trop Dis.*, 10(5): 1 - 28.
- 8) Healy, C.; Viles - Gonzalez J.; Saenz, L.; Soto, M.; Ramirez, J. and D'Avila, A. 2015. Arrhythmias in chagasic cardiomyopathy. *Card Electrophysiol Clin.*, 7: 251 - 268.
- 9) Gulin, J.; Rocco, D. and García – Bournissen, F. 2015. Quality of reporting and adherence to arrive guidelines in animal studies for Chagas disease preclinical drug research: A systematic review. *PLoS Negl Trop Dis.*, 9(11): 1 - 17.
- 10) Ogindo, C.; Khraiwesh, M.; George, M.; Brandy, Y.; Brandy, N. and Gugssa, A. 2016. Novel drug design for Chagas disease via targeting *Trypanosoma cruzi* tubulin: Homology modeling and binding pocket prediction on

- Trypanosoma cruzi* tubulin polymerization inhibition by naphthoquinone derivatives. *Bioorg Med Chem.* 24(16): 3849 - 3855.
- 11) Centers for Disease Control and Prevention. 2015. American Trypanosomiasis (also known as Chagas Disease). <<http://www.cdc.gov/parasites/chagas/index.html>.> (marzo, 2015).
 - 12) Navarro, M.; Pérez – Ayala, A.; Guionnet, A.; Pérez – Molina, J.; Navaza, B. and Estevez, L. 2011. Targeted screening and health education for Chagas disease tailored to at-risk migrants in Spain, 2007 to 2010. *Euro Surveill.*, 16(38): 1 - 5.
 - 13) Basile, L.; Jansà, J.; Carlier, Y.; Salamanca, D.; Angheben, A. and Bartoloni, A. 2011. Chagas disease in European countries: the challenge of a surveillance system. *Euro Surveill.*, 16(37): 1 - 10.
 - 14) Gascón, J. 2005. Diagnóstico y tratamiento de la enfermedad de Chagas importada. *Med Clin Barc.*, 125(6): 230 – 235.
 - 15) Schmunis, G. 2007. Epidemiology of Chagas disease in non-endemic countries: the role of international migration. *Mem Inst Oswaldo Cruz.*, 102: 75 - 85.
 - 16) Alarcón de Noya, B.; Díaz – Bello, Z.; Colmenares, C.; Ruiz – Guevara, R.; Mauriello, L. and Zavala – Jaspe, R. 2010. Large urban outbreak of orally-acquired acute Chagas disease at a school in Caracas, Venezuela. *J Infect Dis.*, 201: 1308 – 1315.
 - 17) Alarcón de Noya, B.; Díaz – Bello, Z.; Colmenares, C.; Ruiz – Guevara, R.; Mauriello, L. and Muñoz – Calderón, A. 2015. Update on oral Chagas disease outbreaks in Venezuela: epidemiological, clinical and diagnostic approaches. *Mem Inst Oswaldo Cruz.*, 110: 377 – 386.
 - 18) Alarcón de Noya, B.; Colmenares, C.; Díaz – Bello, Z.; Ruiz – Guevara, R.; Medina, K. y Muñoz – Calderón, A. 2016. Orally-transmitted Chagas disease: epidemiological, clinical, serological and molecular outcomes of a school microepidemic in Chichiriviche de la Costa, Venezuela. *Parasite Epidemiol Control.*, 1: 188 - 198.

- 19) Añez, N.; Crisante, G.; Rojas, A. y Dávila, D. 2013. Brote de enfermedad de Chagas agudo de posible transmisión oral en Mérida, Venezuela. *Bol Mal Sal Amb.*, 53: 1 – 11.
- 20) Añez, N.; Crisante, G.; Rojas, A.; Rojas, R. and Bastidas, J. 2016. A new acute oral Chagas disease outbreak in Mérida, Venezuela: a comprehensive study. *Int J Clin Med.*, 3: 29 – 37.
- 21) ProMED – mail. 2010. Enfermedad de Chagas, aguda, vía oral: probable - Venezuela. <<http://www.promedmail.org>> (mayo, 2010).
- 22) Benítez, J.; Araujo, B.; Contreras, K.; Rivas, M.; Ramírez, P. and Guerra, W. 2013. Urban outbreak of acute orally acquired Chagas disease in Táchira, Venezuela. *J Infect Dev Ctries.*, 7: 638 - 641.
- 23) ProMED – mail. 2012. Enfermedad de Chagas oral, brote, trabajadores de mercado de alimentos - Venezuela (Caracas). <<http://promedmail.Org>> (marzo, 2018).
- 24) Añez, N.; Rojas, A.; Crisante, G.; Parra, J.; Vivas, D. y Parada, H. 2018. Enfermedad de Chagas en el estado Táchira: Reporte de un nuevo brote por transmisión oral de *Trypanosoma cruzi* en el occidente de Venezuela. *Bol Mal Salud Amb.*, 53(1): 46 – 56.
- 25) Añez, N.; Crisante, G.; Caraballo, F.; Delgado, W. and Parada, H. 2011. *Trypanosoma cruzi* persistence at oral inflammatory foci in chronic chagasic patients. *Act. Trop.*, 171: 207 – 211.
- 26) Guimarães, J. and Marcopio, L. 2006. Internal migration and distribution of Chagas disease mortality, Brazil, 1981-1998. *Cad Saúde Pública.*, 22: 2131 – 2140.
- 27) Morocoima, A.; Chique, D.; Zavala – Jaspe, R.; Díaz – Bello, Z.; Ferrer, E. and Urdaneta – Morales, S. 2010. Commercial coconut plant as a natural ecotope of Chagas disease vector in northeastern Venezuela. *J Vector Borne Dis.*, 47(2): 76 - 84.
- 28) Morocoima, A.; De Sousa, L.; Herrera, L.; Rojas, L.; Villalobos, M. y Chique, D. 2011. Simpatría de triatóminos (Reduviidae) y escorpiones (Buthidae) en

- Cocos nucifera y Acrocomia aculeata (Aracaceae) de Anzoátegui, Venezuela. *Bol Mal Salud Amb.*, 51(2): 187 – 198.
- 29) González, N. 2001. Estudio retrospectivo del mal de Chagas en el banco de sangre del SAHUAPA y evaluación serológica en el municipio Rivero, estado Sucre. Trabajo de pregrado. Departamento de Bioanálisis, Universidad de Oriente, Cumaná
 - 30) Abreu, L. 2003. Evaluación seroepidemiológica de la enfermedad de Chagas en la población de los Altos de Sucre del municipio Sucre, estado Sucre Trabajo de Grado, Departamento de Bioanálisis, Universidad de Oriente.
 - 31) Aza, T. 2003. Evaluación seroepidemiológica del mal de Chagas en la población de San Pedro, Parroquia Santa Fé del municipio Sucre, estado Sucre. Trabajo de Grado, Departamento de Bioanálisis, Universidad de Oriente.
 - 32) Moreno, D. 2009. Seroepidemiología de la infección por *Trypanosoma cruzi* en indígenas Kariña, Piñantal, estado Sucre, utilizando TESA ELISA. Trabajo de Grado, Departamento de Bioanálisis, Universidad de Oriente.
 - 33) Flores, V. 2003. Evaluación serológica de *Trypanosoma cruzi* en las comunidades rurales de Cocollar y las Piedras de Cocollar, municipio Montes, estado Sucre. Trabajo de pregrado. Departamento de Bioanálisis, Universidad de Oriente, Cumaná.
 - 34) Figueroa, M. 2009. Desarrollo y aplicación de un ensayo ELISA utilizando las proteínas excretadas y secretadas de las formas epimastigotes de *Trypanosoma cruzi*, para el diagnóstico serológico de la enfermedad de Chagas. Trabajo de grado para optar al título de *Magíster Scientiarum* en Biología Aplicada, mención Microbiología Aplicada, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná.
 - 35) García - Jordán, N.; Berrizbeitia, M.; Rodríguez, J.; Concepción, J.; Cáceres, A. y Quiñones, W. 2017. Seroprevalencia de la infección por *Trypanosoma cruzi* en la población rural del estado Sucre, Venezuela. *Cad Saúde Pública.*, 33(10): 1 – 14.

- 36) Carcavallo, R.; Galíndez - Girón, I.; Jurberg, J. y Lent, H. 1999. *Atlas of Chagas' disease vectors in the Americas*. Tercera edición. Editorial Fiocruz, Rio de Janeiro. Brazil. 107 – 204 p.
- 37) Silveira, A. y Sanches, O. 2011. Guía para muestreo de actividades de vigilancia y control vectorial de la enfermedad de Chagas. <<http://www.bvsops.org.uy/pdf/chagas09.pdf>> (mayo, 2011).
- 38) Schofield, C.; Jannin, J. y Salvatella, R. 2006. The future of Chagas disease control. *Trends Parasitol.*, 22: 583 – 588.
- 39) Aché, A. y Matos, A. 2001. Interrupting Chagas Disease transmission in Venezuela. *Rev. Inst. Med. Trop S. Paulo.*, 43(1): 37 – 43.
- 40) Avendaño – Rangel, F. y Rey, K. 2016. Avances y desafíos en el control de la enfermedad de Chagas en Venezuela y un estudio de caso en el estado Mérida. *Consciencia y Diálogo.*, 6(6): 155 - 164.
- 41) Marchan, E. 1999. Memorias del primer taller de reconocimiento y evaluación de enfermedades tropicales en el estado Sucre. Guayacán. Publicaciones Núcleo de Sucre – Universidad de Oriente.
- 42) Markell, E.; Voge, M. y John, T. 1994. *Parasitología médica*. Sexta edición. Editorial McGraw – Hill. España.
- 43) Markell, E.; Voge, M. y John, T. 1994. *Parasitología médica*. Sexta edición. Editorial McGraw – Hill. España.
- 44) Campos, V. 2005. Análisis y caracterización de los genes, pseudogenes y proteínas de tipo mucinas de la cubierta protectora de *Trypanosoma cruzi*. Trabajo de Postgrado Doctoral, Laboratorio de Biología y Parasitología Molecular, Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional General de San Martín, Argentina.
- 45) Tejera, E. 1919. La Enfermedad de Chagas en Venezuela. *Gac. Med. de Car.*, 26: 104.
- 46) Torrealba, J. y Ramos, I. 1954. Una pequeña nota sobre la enfermedad de Chaga en Clarines (Distrito Bruzal, Estado Anzoategui) *Gac. Med. Caracas.*, LXII: 11 – 12.
- 47) Díaz, C. 1960. *Parasitología venezolana*. Editorial Sucre. Caracas.

- 48) Maekelt. 2000. *Programa de enseñanza*. La Enfermedad de Chagas. Tomo II. Medicina tropical, Facultad de Medicina UCV.
- 49) Ministerio del Poder Popular para la Salud. 2014. *Guía para el diagnóstico, atención y manejo clínico de la enfermedad de Chagas en Venezuela*. Servicio Autónomo Instituto de Altos Estudios “Dr. Arnoldo Gabaldon”. Maracay – Venezuela.
- 50) Guhl, F. y Davies, C. 2007. *El uso de sistemas de información geográfica (SIG) y sensores remotos (SR) en salud pública*. Universidad de los Andes.
- 51) Feliciangeli, D.; Carrasco, H.; Patterson, J.; Suarez, B.; Martínez, C. y Medina, M. 2004. Mixed domestic infestation by *Rhodnius prolixus* Stål, 1859 and *Panstrongylus geniculatus* Latreille, 1811, vector incrimination, and seroprevalence for *Trypanosoma cruzi* among inhabitants in El Guamito, Lara state, Venezuela. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 71: 501-505.
- 52) Quintini, J. 1920. Nota sobre un nuevo *Conorrhinus* capturado en Caracas. *Gac Med Caracas.*, 27:171.
- 53) García-Jordán, N.; Berrizbeitia, M.; Concepción, J.; Aldana, E. Cáceres, A. y Quiñones, W. 2015. Estudio entomológico de vectores transmisores de la infección por *Trypanosoma cruzi* en la población rural del estado Sucre, Venezuela. *Biomédica.*, 35: 247 – 257.
- 54) Covid-19. 2019. “Noticias sobre el Coronavirus 2019” <<https://covid19.patria.org.ve/categoria/articulo/>> (Julio, 2021)
- 55) Vivas, K. y Vivas, D. 2021. Estadísticas y Análisis del Covid-19 en Ecuador Utilizando Microsoft Power BI. *Ingenio.*, 4: 27 – 39.
- 56) Sechi, G.; Migliori, M.; Dassi, G.; Pagliosa, A.; Bonora, R.; Oradini - Alacreu, A.; Odone, A.; Signorelli, C.; Zoli, A. 2020. Business intelligence applied to emergency medical services in the lombardy region during sars-COV-2 epidemic. *Acta Biomed.*, 91(2): 39 – 44.
- 57) Loewen, L. and Roudsari, A. 2017. Evidence for Business Intelligence in Health Care: A Literature Review. *Stud Health Technol Inform.*, 235: 579 – 583.
- 58) López, J.; Villadangos, J. y Pérez, D. 2020. Business Intelligence y el análisis predictivo: COVID 19. Trabajo de grado para optar al título de

- 59) Powell, 2017. *Creating Business Intelligence Solutions of Analytical Models, Reports and Dashboards*. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2017.
- 60) García, D.; Miranda, F.; Pérez, V.; Daryanani, J.; Rodríguez, H. y Suárez, J. 2017. La herramienta de Microsoft® Power BI para la presentación de datos de consumo de antimicrobianos. *Rev Esp Quimioter.*, 30(6): 478 - 480.
- 61) Microsoft. 2021. "Transforme las experiencias en atención sanitaria con Power BI" <<https://powerbi.microsoft.com/es-es/industry/healthcare/?cdn=disable>> (julio 2021)
- 62) Transformación digital en la nube. 2020. <<https://servinformacion.com/servicloud/>>.
- 63) Benítez – Alva, J.; Huerta, H. and Téllez - Rendón, J. 2012. Distribution of triatomines (heteroptera: reduviidae) associated with human habitation and potential risk areas in six states of the Mexican republic. *biocyt, fes Iztacala, UNAM.*, 5(17): 327 - 240.
- 64) Olea, A. 2000. Situación epidemiológica de la enfermedad de Chagas en Chile. Departamento de epidemiología, Ministerio de Salud.
- 65) Guhl, F.; Aguilera, G.; Pinto, N. and Vergara, D. 2007. Updated geographical distribution and ecoepidemiology of the triatomine fauna (Reduviidae: Triatominae) in Colombia. *Biom.*, 27(1):143 - 162.
- 66) Sandoval, C.; Pabon, E.; Jurberg, J. and Galvao C. 2007. *Belminus ferroae* n. sp. from the Colombian north-east, with a key to the species of the genus (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Zooatata.*; 1443(1): 55 - 64.
- 67) Hernández, C.; Vera, M.; Cucunuba, Z.; Flórez, C.; Cantillo, O.; Buitrago, L.; González, M.; Ardila, S.; Zuleta, L.; Tovar, R.; Forero, L. and Ramírez' J. 2016. High - Resolution Molecular Typing of *Trypanosoma cruzi* in 2 Large Outbreaks of Acute Chagas Disease in Colombia. *J Infect Dis.*, 214(8): 1252 - 1255.
- 68) Caicedo – Garzón, V.; Salgado – Roa, F.; Sánchez – Herrera, M.; Hernandez, C.; Arias – Giraldo, L.; García, L.; Vallejo, G.; Cantillo, O.; Tovar, C.; Aristeu da Rosa, J.; Carrasco, H.; Segovia, M.; Salazar, C. and

- Ramírez, J. 2019. Genetic diversification of *Panstrongylus geniculatus* (Reduviidae: Triatominae) in northern South America. *PLoS One.*, 14(10): 12 – 23.
- 69) Abad – Franch, F.; Pavan, M.; Jaramillo - O, N.; Palomeque, F.; Dale, C.; Chaverra, D. and Monteiro, F. 2013. *Rhodnius barretti*, a new species of triatominae (Hemiptera: Reduviidae) from western Amazonia. *Mem Inst Oswaldo Cruz.*;108: 92 – 99.
- 70) Grijalva, M.; Villacis, A.; Ocaña – Mayorga, S.; Yumiseva, C.; Moncayo, A. and Baus, E. 2015. Comprehensive Survey of Domiciliary Triatomine Species Capable of Transmitting Chagas Disease in Southern Ecuador. *PLoS Negl Trop Dis.*, 9(10): 1 – 19.
- 71) Abad – Franch, F.; Paucar, C.; Carpio, C.; Cuba, C.; Aguilar, V. and Miles, M. 2001. Biogeography of triatominae (Hemiptera: Reduviidae) in Ecuador: Implications for the design of control strategies. *Mem Inst Oswaldo Cruz.*, 96(5): 611 – 620.
- 72) Villacís, A.; Ocaña – Mayorga, S.; Lascano, M.; Yumiseva, C.; Baus, E. and Grijalva, M. 2015. Abundance, natural infection with trypanosomes, and food source of an endemic species of triatomine, *Panstrongylus howardi* (Neiva 1911), on the ecuadorian central coast. *Am J Trop Med Hyg.*, 92(1): 187 – 192.
- 73) Añez, N.; Crisante, G.; Silva, F.; Rojas, A.; Carrasco, H.; Umezawa, E.; Stolf, A.; Ramirez, J. y Teixeira, M. 2004. Predominance of lineage I among *Trypanosoma cruzi* isolates from Venezuelan patients with different clinical profiles of acute Chagas´disease. *Trop. Med. Internat. Health.*, 9: 1319 - 1326.
- 74) Ministerio del Popular Para la Salud (MPPS). Plan nacional sobre el control de los vectores de dengue, malaria y Chagas, Ministerio del Poder Popular para la Salud. Diciembre de 2009. Documento no publicado.
- 75) Berrizbeitia, M.; Moreno, D.; Ward, B.; Gómez, E.; Jorquera, A.; Rodríguez, J.; García, N.; Herrera, M.; Marcano, M. and Ndao, M. 2012. *Trypanosoma*

- cruzi* Infection in an Indigenous Kariña Community in Eastern Venezuela. *Epidemiol Research International.*, 2012: 1 – 7.
- 76) Pifano F. 1973. La epidemiología de la enfermedad de Chagas en Venezuela. *Arch. Venez. Med. Trop. Parasitol. Med.*, 5: 171.
- 77) Zeledón, R.; Solano, G.; Burstin, L. y Swartzwelder, J. 1975. Epidemiological pattern of Chagas' disease in an endemic area of Costa Rica. *Am J Trop Med Hyg.*, 24: 214 – 225.
- 78) Feliciangeli D. y Torrealba J. 1977. Observaciones sobre *Rhodnius prolixus* (Hemiptera, Reduviidae) en su biotopo silvestre *Copernicia tectorum*. *Bol.Dir. de Malariol., y Saneam. Ambient.*, 17(3): 198 – 205.
- 79) Cheng, K.; Chang, C.; Salbilla, V.; Kirchhoff, L.; Leiby, D.; Schochetman, G. y Shah D. 2007. Immunoblot assay using recombinant antigens as a supplemental test to confirm the presence of antibodies to *Trypanosoma cruzi*. *Clin Vaccine Immunol.*, 14: 355 – 361.
- 80) Villa, M. 1965. *Aspectos geográficos del estado Sucre*. Serie Monografías estatales. Caracas: Corporación Venezolana de Fomento; p. 1 – 266.
- 81) Dumonteil, E. and Gourbière, S. 2004. Predicting *Triatoma dimidiata* abundance and infection rate: a risk map for natural transmission of Chagas disease in the Yucatan peninsula of México. *Am J Trop Med Hyg.*, 70: 514 – 519.
- 82) Parra - Henao, G.; Quirós - Gómez, O.; Jaramillo - O, N. and Cardona, Á. 2016. Environmental determinants of the distribution of Chagas disease vector *Triatoma dimidiata* in Colombia. *The American journal of tropical medicine and hygiene.*, 94(4): 767 – 774.
- 83) CIDEIM. 1994. *Manual de entomología médica para investigadores de América Latina*. ISBN: 958-95623-0-2. Impreso en Colombia.
- 84) Sanmartino M. y Crocco, L. 2000. Conocimientos sobre la enfermedad de Chagas y factores de riesgo en comunidades epidemiológicamente diferentes de Argentina. *Rev Panam Salud Pública.*, 7: 173 - 177.
- 85) Crocco, L.; Rodríguez, C.; Catalá, S. y Nattero, J. 2005. Enfermedad de Chagas en Argentina: herramientas para que los escolares vigilen y

- determinen la presencia de factores de riesgo en sus viviendas. *Cad Saúde Pública.*, 21: 646 - 651.
- 86) Manrique, F.; Camacho, S.; Saavedra, D.; Herrera, G. y Ospina, J. 2011. Prácticas de autocuidado en gestantes con riesgo de contraer enfermedad de Chagas en Moniquirá y Miraflores, Colombia. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública.*, 28(3): 231 - 241.
- 87) Campbell - Lendrum, V.; Angulo, L.; Esteban, Z.; Tarazona, G.; Parra, M.; Restrepo, B.; Restrepo, F.; Guhl, N.; Pinto, G.; Aguilera, P.; Wilkinson, A. and Davies, C. 2007. House - level risk factors for triatomine infestation in Colombia. *International J of Epidemiol.*, 36: 866 – 872.
- 88) Segura, E. y Escobar – Mesa, A. 2005. Epidemiología de la enfermedad de Chagas en el estado de Veracruz. *Salud pública de México.*, 47(3): 201-208.
- 89) Lent, H. y Wygodzinsky, P. 1979. Revision of the triatominae (Hemiptera, Reduviidae) and their significance as vectors of Chagas' disease. *Bull. Amer. Mus. Nat. His.*, 163: 125 - 520.
- 90) Zeledón, R.; Guardia, V.; Zúñiga, A. and Swartzwelder, J. 1970. Biology and ethology of *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811). II. Life span of adults and fecundity and fertility of females. *J Med Entomol.*, 7(4): 462 - 469.
- 91) Dujardin, J.; Bermudez, H.; Gianella, A.; Cardozo, L.; Ramos, E.; Sarabia, R.; Quiroz, K.; Forgues, G.; Carazas, R.; Hervas, D.; Chavez, T.; Machane, M.; Martinez, E. y Torrez, M. 1999. Uso de marcadores genéticos en la vigilancia entomológica de la enfermedad de Chagas. En: Cassab JRA, Noireau F&Gillén G. (eds). Chagas: la enfermedad en Bolivia, Conocimientos científicos al inicio del programa de control La Paz. Ediciones Gráficas "EG".
- 92) Casini, C.; Dujardin, J.; Martínez, M.; Bentos – Pereira, A. y Salvatella, R. 1995. Morphometric differentiation between two geographic populations of *Triatoma infestans* in Uruguay. *Research and Reviews in Parasitology.*, 55(1): 25 - 30.
- 93) Dujardin, J.; Bermudez, H.; Casini, C.; Schofield. C. and Tibayrenc, M.

1997. Metric Differences between Silvatic and Domestic *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae) in Bolivia. *J Med Entomol.*, 34(5): 544-51.
- 94) Dujardin, J.; Bermudez, H. and Schofield, C. 1997. The use of morphometrics in entomological surveillance of silvatic foci of *Triatoma infestans* in Bolivia. *Acta Tropica.*, 66: 145 - 153.
- 95) Falconer, D. and Mackay T. 1996. Introduction to quantitative genetics. 4th ed. London: Pearson Prentice Hall.
- 96) Dujardin, J.; Steindel, M.; Chávez, T.; Machane, M. and Schofield, C. 1999. Changes in the sexual dimorphism of Triatominae in the transition from natural to artificial habitats. *Mem Inst Oswaldo Cruz.*, 94: 565 – 569.
- 97) López, E.; Acosta, N.; González, N.; Fernández, M.; Ferreira, E. y Rojas de Arias, E. 2001. Diferencias morfométricas en poblaciones de *Triatoma infestans* provenientes de las regiones Oriental y Occidental del Paraguay. *Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud.*, 1: 51 – 57.
- 98) Ancca, J.; Pinto, J.; Vega, S.; Cáceres, A. y Náquira, C. 2008. Características morfométricas, genéticas, alimenticias y vectoriales de *Panstrongylus herreri* procedentes de Jaén (Cajamarca) y Cajaruro (Amazonas), Perú. *Rev Perú Med Exp Salud Publica.*, 25(1): 17 – 25.
- 99) Aldana, E.; Heredia, E.; Avendaño, R.; Lizano, E.; Concepción J.; Bonfante - Cabarcas, R.; Rodríguez – Bonfante, C. y Pulido, M. 2011. Análisis morfométrico de *Panstrongylus geniculatus* de la ciudad de Caracas, Venezuela. *Biomédica.*, 31: 108 – 117.
- 100) Torres, K.; Avendaño - Rangel, F.; Lizano, E.; Rojas, M.; Rodríguez - Bonfante, C.; Bonfante - Cabarcas, R. y Aldana, E. 2010. Evaluación de la estructura espacial de *Triatoma maculata* del centro - occidente de Venezuela y su viabilidad alimentado con sangre humana en condiciones de laboratorio. *Biomedica.*, 30: 72 – 81.
- 101) Rodríguez - Bonfante, C.; Amaro, A.; García, M.; Mejías, L.; Guillen, P.; García, R.; Álvarez, N.; Díaz, M.; Cárdenas, E.; Castillo S.; Bonfante - Garrido, R. y Bonfante - Cabarcas, R. 2007. Epidemiología de la enfermedad de Chagas en el municipio Andrés Eloy Blanco, Lara,

- Venezuela: infestación triatomínica y seroprevalencia en humanos. *Cad. Saúde Pú.*, 23(5): 1133 - 1140.
- 102) Tineo-González, E.; Contreras - Peña, Y.; Reyes - Lugo, M.; Morocoima, A. 2021. Modelo de distribución espacial de *Panstrongylus geniculatus* Latreille 1811 (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) vector del agente de la Enfermedad de Chagas en Venezuela *Rev Científica.*, 1: 7 – 15.
- 103) Sorensen. J.; Campbell, B.; Gill, R. and Steffen – Campbell, J. 1995. Non-monophyly of Auchenorrhyncha ("Homoptera"), based upon 18S rDNA phylogeny: eco-evolutionary and cladistic implications with pre-Heteropteroidea Hemiptera (s.l.) and a proposal for new monophyletic suborders. *Pan-Pac. Entomol.*, 71: 31 - 60.
- 104) Forero, D. 2009. Heteroptera. True bugs. Version 27 February 2009 (under construction). Disponible en línea: <http://tolweb.org/Heteroptera/10805/2009.02.27> in The Tree of Life Web Project, <http://tolweb.org/> (Acceso 25.04.16).
- 105) Weirauch, C.; Bérenger J.; Berniker, L.; Forero, D.; Forthman, M.; Frankenberg, S.; Freedman, A.; Gordon, E.; Hoey – Chamberlain, R.; Hwang, W.; Marshall, S.; Michael A.; Paiero S.; Udah, O.; Watson, C.; Yeo, M.; Zhang, G. and Zhang, J. 2014. An illustrated identification key to assassin bug subfamilies and tribes (Hemiptera: Reduviidae). *CJAL.*, 26: 1 - 115.
- 106) Farfán - García, A. y Angulo – Silva, V. 2011. Conducta alimentaria de poblaciones de *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) en una zona endémica y sus implicaciones epidemiológicas. *Rev salud pública.*, 13: 163 – 172.
- 107) Schofield, C. y Gorla, D. 2013. Capítulo 77: Triatóminos y su control. En: *Parasitología Humana*. Editor: Werner Louis Apt Baruch. McGraw-Hill Medical.
- 108) Farfán, A.; Gutiérrez, R. y Angulo, V. 2007. ELISA para la Identificación de los Patrones Alimentarios de Triatominae en Colombia. *Rev salud pública.*, 9(4): 602 – 608.

- 109) Berrizbeitia, M.; Concepción, J.; Carzola, V.; Rodríguez, J.; Cáceres, A. y Quiñones, W. 2013. Seroprevalencia de la infección por *Trypanosoma cruzi* en *Canis familiaris* del estado Sucre, Venezuela. *Biomédica.*, 33(2): 214 – 225.
- 110) Moreno, P. 2018. “Análisis Predictivo con Power BI” <<https://www.pbusergroup.com/blogs/pablo-moreno/2018/06/11/analisis-predictivo-con-power-bi>> (septiembre, 2021).

METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	ANÁLISIS PREDICTIVO DE PARÁMETROS ENTOMOLÓGICO EN ESPECIES TRIATOMÍNICAS TRANSMISORAS DE LA INFECCIÓN POR <i>Trypanosoma cruzi</i> EN EL ESTADO SUCRE, VENEZUELA CON LA HERRAMIENTA MICROSOFT POWER BI
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
GARCÍA JORDÁN NORIS DEL VALLE	CVLAC	15290929 (Cédula)
	e-mail	NORYSDGJM@YAHOO.ES
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Power BI, Triatóminos, <i>Trypanosoma cruzi</i>

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub área
CIENCIAS	BIOLOGÍA

Resumen (abstract):

En el presente estudio se evaluó el comportamiento de los parámetros entomológicos en especies triatómicas transmisoras de la infección por *T. cruzi* en el estado Sucre con la herramienta Power BI. Para ello se utilizaron los datos entomológicos de especies triatómicas colectados por el Laboratorio de Diagnostico Serológico de Enfermedades Infecciosas desde el 2012 hasta el 2020. Con los datos compilados se creó un archivo de Excel que contenía parámetros específicos tanto de los insectos capturados, como de la vivienda, tiempo y lugar de captura. Una vez seleccionados los datos entomológicos se introdujeron en el editor de Power Query y se transformaron los datos para ejecutar la carga de los mismos a la plataforma de Microsoft Power BI. Hechas la transformación se realizó una exploración de los datos disponibles para la correcta selección de las herramientas predictivas, la generación de algoritmos y se construyeron los modelos de aprendizaje automático, visualizando y desplegando los resultados en tableros que contenían gráficos de líneas y circulares. Posteriormente se realizó el análisis predictivo con el modelo de suavización exponencial al 95 % de confiabilidad. El tablero mostro que se colectaron un total de 111 ejemplares. Los géneros identificados fueron *Triatoma* sp., *Rhodnius* sp. y *Panstrongylus* sp., de estos la mayoría eran ejemplares adultos seguido de ninfas de quinto, cuarto, tercer y primer estadio, no se reportaron la presencia de ninfas de segundo estadio, huevos o heces. Un solo ejemplar se encontraba positivo para la infección por *Trypanosoma* sp. En cuanto a su ubicación el mayor porcentaje de triatóminos fueron colectados en el intradomicilio y se reportaron la presencia de estas especies en los municipios Sucre, Mariño, Ribero, Benítez, Arismendi, Cajigal, Cruz Salmerón Acosta, Libertador y Montes. El modelo de suavización exponencial arrojó un pronóstico para el conteo de datos de la interacción de los ejemplares capturados y la presencia en estos de *Trypanosoma* sp. revelando que para el 2025 se espera un aumento considerablemente de más de 1200 ejemplares capturados y positivos para infección con *Trypanosoma* sp. en las zonas rurales y urbanas del estado Sucre. Sin embargo, para los demás parámetros entomológicos esta herramienta no pudo realizar predicciones debido a la poca cantidad de datos recolectados.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
	ROL	C <input type="text"/> A <input type="text"/> S <input type="text"/> T <input type="text"/> U <input type="text"/> JU <input type="text"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	ROL	C <input type="text"/> A <input type="text"/> S <input type="text"/> T <input type="text"/> U <input type="text"/> JU <input type="text"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	ROL	C <input type="text"/> A <input type="text"/> S <input type="text"/> T <input type="text"/> U <input type="text"/> JU <input type="text"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Lenguaje: SPA _____

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TA_NG.doc	Aplication/word

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Asistente

Nivel Asociado con el Trabajo: Magister Scientiarum

Área de Estudio BIOLOGÍA

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 0975

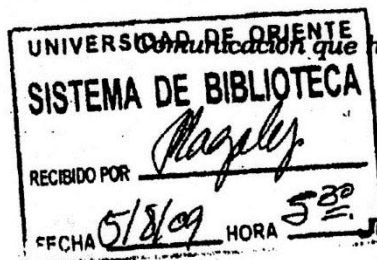
Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLAÑOS CURVELO
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/manuja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso- 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : “los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”.



NORIS GARCÍA JORDÁN
AUTOR