

TP1 - Simulación de Eventos Discretos

Ezequiel Puerta

Septiembre 2019

Índice

1	Introducción y motivación	2
1.1	Introducción	2
2	Epidemiología	2
2.1	General	2
2.2	Fases de la enfermedad	3
2.3	Prevalencia	3
2.4	Tratamiento	4
2.5	Distribución geográfica e impacto	4
3	Simplificaciones	5

1 Introducción y motivación

1.1 Introducción

El presente trabajo intentará obtener un modelo conceptual que represente la evolución de una población humana vulnerable al Mal de Chagas a lo largo del tiempo. Para esto, se tendrán en cuenta ciertas simplificaciones y datos provenientes de diferente bibliografía.

Como uno de los mayores problemas a la hora de hablar del Chagas es su prevalencia, es muy importante poner el acento de las investigaciones científicas en combatir los "reservorios" de la enfermedad, los animales rurales que conviven con la población y que están aún mas expuestos que las personas.

Hoy en día, no existen vacunas preventivas ni terapéuticas para humanos. Solo se puede realizar un tratamiento posterior a la infección, si se la detecta con prontitud. Por eso, el modelo pretenderá ser capaz de responder que tan efectiva sería una vacuna preventiva, aplicada en animales. Es decir, si al proteger a los animales de la enfermedad, se lograría reducir significativamente el número de humanos infectados.

Hay serías investigaciones al respecto, realizadas por Beatriz Basso, docente de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Córdoba, y su esposo Edgardo Moretti [Basso, 2007]. Ellos realizaron diferentes estudios con vacunas en perros y ratas expuestas posteriormente al parásito causante del Mal de Chagas, con un notable éxito. Dichos especímenes lograron generar elevados niveles de anticuerpos para rechazar las futuras infecciones chagásicas.

Por último, en un panorama aún mas exploratorio que concreto, se querrá observar como sería la evolución de la población al utilizar vacunas que no solo sean preventivas para los animales, sino que sean mortales para los insectos transmisores de la enfermedad.

2 Epidemiología

2.1 General

El **Mal de Chagas** (*trypanosomiasis americana*) es una **enfermedad parasitaria** causada por el protozoo flagelado *Trypanosoma cruzi*. Se la considera como una **enfermedad tropical desatendida** (NTD por sus siglas en inglés), es decir, ocurre principalmente en el seno de las poblaciones de bajos ingresos en países subdesarrollados y en vías de desarrollo, en los cuales el clima cálido es predominante.

La misma afecta a varios vertebrados salvajes (**reservorios**), desde donde se transmite al ser humano a través de *triatominos* (insectos de la subfamilia *Triatominae*, comúnmente llamados vinchucas, chinches, etc). Las 139 especies que abarca dicha clasificación son potenciales transmisores del parásito *T. Cruzi*. Igualmente, algunos **vectores** son mucho mas relevantes que otros para el estudio epidemiológico de la enfermedad, tales como *Triatoma infestans* y *Rhodnius prolixus*.

Si bien la transmisión vectorial es la principal vía de transmisión (casi el 90% de los casos en seres humanos, donde el protozoo proveniente de las heces del triatomo penetra principalmente a través de lesiones en la piel o la picadura del propio insecto), existen otras tales como:

- **Contaminación accidental en laboratorio:** La probabilidad es casi nula.

- **Transmisión en el embarazo o durante la lactancia:** Desde 2007, año cuando se aprobó en el Congreso Nacional la Ley 26281 [Congreso, 2007], el Estado debe garantizar el acceso a pruebas diagnósticas a toda mujer embarazada y niños, desde recién nacidos hasta los 14 años. Por esto mismo, la incidencia de este fenómeno es cercana al 4%, un valor despreciable en comparación.
- **Transmisión por transfusión de sangre o por donación de órganos:** Mediante la misma Ley, se exige el análisis previo a todos los donantes y receptores de órganos, tejidos o sangre. Desde ya, este fenómeno tiene una frecuencia muy baja en el país. Con el paso del tiempo, esta vía de transmisión es cada vez menor.
- **Ingesta de alimentos contaminados:** Esta forma de transmisión parece ser relativamente importante en zonas amazónicas como Brasil o Venezuela, no tanto en nuestro país.

2.2 Fases de la enfermedad

La enfermedad de Chagas presenta una etapa aguda y una etapa crónica. La **etapa aguda** comienza entre seis y diez días después de la infección y dura entre cuatro y ocho semanas. La mayoría de las veces suele pasar inadvertida ya que el cuadro clínico, con fiebre o aumento del tamaño de hígado y bazo, suele no ocurrir o ser leve y semejante a muchas enfermedades infecciosas de mayor prevalencia. Rara vez, en la etapa aguda en niños de entre uno y cinco años puede desarrollarse una miocarditis o meningoencefalitis con pronóstico grave o fatal.

Luego, el paciente ingresa a una **fase indeterminada** que se caracteriza por ser **asintomática**. El nivel de parasitemia en la sangre del infectado es muy bajo y permanece latente durante varios años, eventualmente toda la vida.

En la **etapa crónica**, a la cual llegan entre el 30% y el 40% de todos los pacientes chagásicos, puede desarrollarse una cardiomiopatía difusa grave o una dilatación patológica del esófago y colon. Recurrentemente, estos casos terminan con la muerte repentina de personas aparentemente sanas.

2.3 Prevalencia

Las personas que viven en zonas rurales con alta incidencia chagásica tienen, por lo general, bajos recursos económicos y construyen sus viviendas con barro y paja (ranchos), lo que da lugar a sitios propicios para que las vinchucas invadan. Por lo general los habitantes rurales tienen varias especies de animales, entre ellos perros, gatos, gallinas, caballos, vacas, cabras, cerdos, etc.

Los **perros y gatos** cumplen un rol muy importante en la propagación de la enfermedad. Por una parte se infectan con mayor facilidad que las personas ya que tienen un contacto más frecuente con los vectores, pudiendo infectarse no solo a través de picaduras sino también de la ingestión del vector. Y por otra parte pueden portar la enfermedad por mucho tiempo (años). Esto da lugar a que sean **reservorios ideales** para el parásito, ya que cuando una vinchuca no infectada se alimenta de la sangre de un animal infectado, muy probablemente se contagiará.

Se estima que más del 40% de este grupo de animales tienen Mal de Chagas [Gürtler, 2007]. Esto hace que el control de la población vectorial sea el método más útil actualmente para prevenir la enfermedad (ya que el número de vinchucas infectadas es altísimo,

gracias a la prevalencia del parásito en dichos huéspedes que funcionan de reservorio), pero que a su vez también sea insuficiente (se lucha contra las consecuencias y no contra el problema de raíz). Por eso también es necesario poner especial cuidado en los animales rurales que comparten el ecosistema con los vectores.

2.4 Tratamiento

Actualmente no existen vacunas preventivas ni terapéuticas para la afección. Sí existe un **tratamiento antiparasitario** destinado a curar la infección e intentar prevenir que el parásito invada algún órgano. Las drogas autorizadas actualmente en Argentina son *benznidazol* y *nifurtimox*, ambas desarrolladas hace casi medio siglo. Dicho tratamiento consiste de dosis, en forma de comprimidos, de dos o tres tomas diarias durante uno a dos meses. Este tratamiento es efectivo si se lo ejecuta en la **fase aguda** de la enfermedad, con un **70-95% de probabilidad de éxito** de cura.

Los niños y adolescentes tienen más posibilidades de cura que un adulto si son tratados en la etapa aguda. Una vez avanzada la enfermedad hacia la **etapa indeterminada**, las **probabilidades de cura disminuyen considerablemente** ya que el *Trypanosoma* comienza a alojarse adentro de los tejidos y el tratamiento no lo elimina. Las drogas anteriormente nombradas tienen sus efectos adversos, que incluyen problemas dermatológicos, digestivos, neurotóxicos, etc. Por ello es muy importante que un médico evalúe los riesgos del tratamiento de acuerdo a la edad y salud física del paciente infectado. Las mujeres embarazadas no pueden realizar el tratamiento [CONICET, 2015].

Para la prevención del Mal de Chagas se debe realizar un abordaje integral, que contemple a la población en sus acciones cotidianas y el cumplimiento de medidas por parte del Estado. Cuestiones importantes son:

- El control de la proliferación de vinchucas y de los sitios que habitan. En particular, la eliminación de insectos mediante el empleo de insecticidas con fumigado es relevante [Gurevitz, 2013].
- La realización de controles a mujeres embarazadas y en bancos de sangre.
- La detección de personas infectadas en fase aguda para su tratamiento a tiempo [M. Salud, 2013].

2.5 Distribución geográfica e impacto

La enfermedad de Chagas es **endémica en 21 países de América**, distribuyéndose desde el sur de Estados Unidos hasta la Patagonia argentina. La OMS estima que entre 6 y 7 millones de personas en el mundo están infectadas por el parásito (la inmensa mayoría presentes en América Latina). Además, hay alrededor de 100 millones de personas expuestas a sufrir esta enfermedad.

Esta enfermedad es uno de los **problemas de salud más importantes** de América Latina, generando más pérdida de años de vida ajustados por discapacidad que la malaria y el dengue juntos, ocupando el cuarto lugar en mortalidad y el octavo en morbilidad entre las enfermedades tropicales desatendidas. Se estima que **cada año mueren entre 10 mil y 12 mil personas** a causa de esta enfermedad.

En el país, se estima que hay 2 millones de personas infectadas y 10 millones de personas expuestas al contagio, siendo el país con mas casos [OMS, 2015]. La región con

mayor incidencia chagásica en nuestro país es la centro-norte, siendo Formosa, Chaco y Santiago del Estero las provincias con mayor porcentaje de habitantes infectados (mas del 40%).

Además, el impacto de la enfermedad representa alrededor de 1800 millones de dólares anuales en costos para la salud pública y una pérdida anual de productividad de 1500 millones de dólares por incapacidad laboral. Se ha calculado que el costo de la atención médica a los pacientes con formas crónicas de la enfermedad (cardíacas, digestivas, neurológica o mixtas) supera en más de un 80% el costo de la fumigación con insecticidas de acción residual para controlar los vectores y prevenir la infección [OMS, 2019].

3 Simplificaciones

Modelo Conceptual

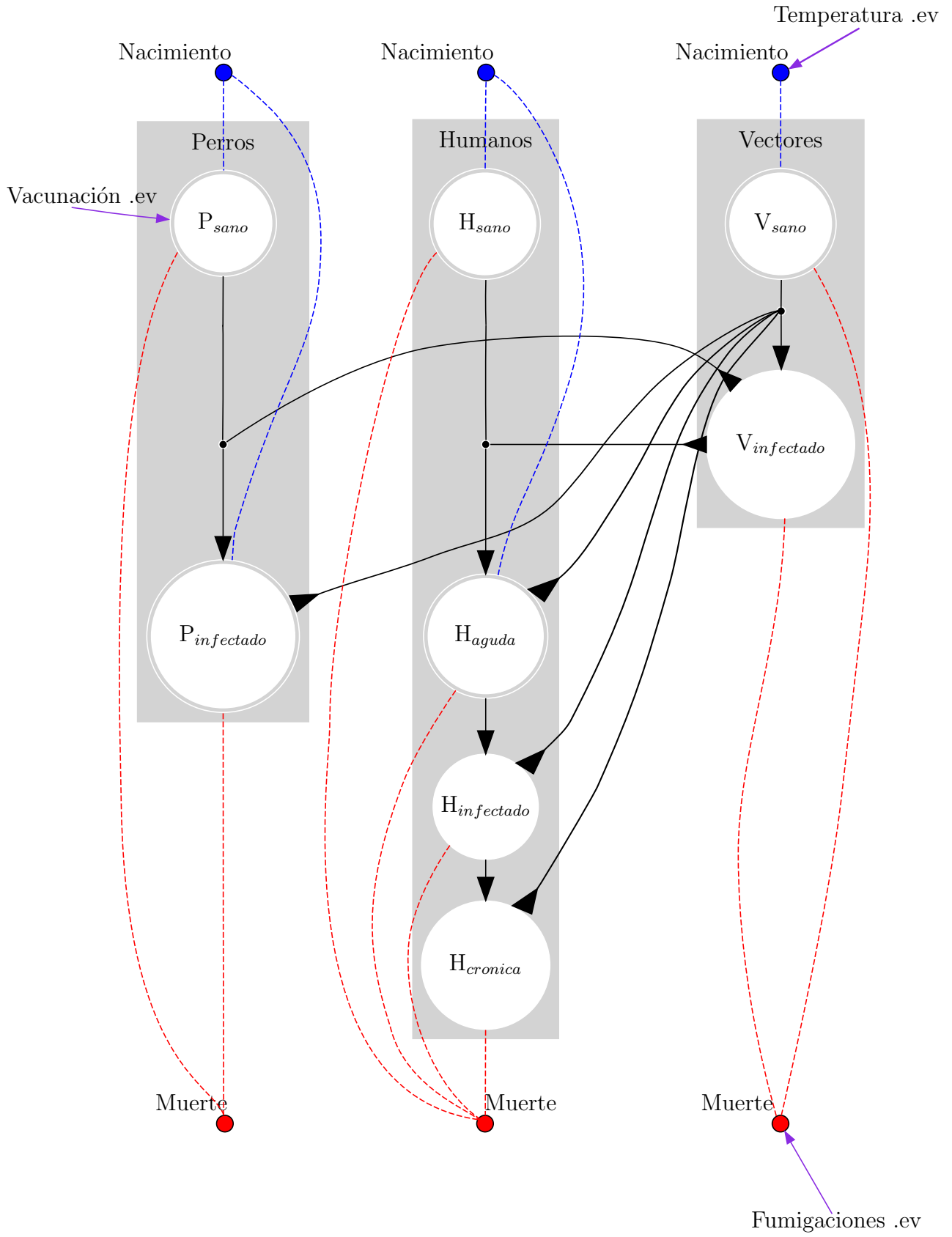


Figure 1: