

## ARTICULOS DE INVESTIGACION

# ALGUNAS ESTIMACIONES NUMERICAS DE LA IMPORTANCIA EPIDEMIOLOGICA DE LOS VECTORES DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS EN CHILE\*

MAURICIO CANALS\*\*, PEDRO E. CATTAN\*\* y MILDRED EHRENFELD\*\*\*

## SOME NUMERICAL ESTIMATIONS OF EPIDEMIOLOGICAL ASSESSMENT OF CHILEAN CHAGAS DISEASE VECTORS

*In relation to the vector-borne diseases, one of the most important objectives of epidemiological studies is to estimate the epidemiological assessment of each vector. The best estimator is the "vectorial capacity". In the case of Chagas disease, this assessment has been studied qualitative and quantitatively with infection, triatomine and human blood index and domiciliary infestation proportion. In the present study we estimate the efficiency of transmission and vectorial capacity of Chilean Chagas vectors, and we create a new estimator, called by us "vectorial impact" which represents the fraction of the infection of which a vector is responsible. The species *T. infestans* and *T. spinolai* showed low efficiency of transmission of *T. cruzi*. It would be necessary 10.000 bites of *T. infestans* in order to cause 8 cases of Chagas disease. *T. spinolai* is less efficient than *T. infestans*. However, in practice, all human and animal infection in Chile, is caused by both of them. Their low efficiency, is compensated by a high frequency of bites on humans and a long expectation of infective life. The population of *T. infestans* could provoke 8 potentially infectant/bites/day from each bite on one Chagas disease case (vectorial capacity). The vectorial impact on *T. spinolai* is about 0.64%, therefore, in practice, all human Chagas disease in Chile is originated by *T. infestans*, though new studies are necessary in this respect.*

**Key words:** Chagas disease; Epidemiology, insect vectors; Vectorial capacity.

## INTRODUCCION

La estimación numérica de la capacidad potencial de causar enfermedad (importancia epidemiológica) de los insectos constituye un

objetivo permanente de los estudios epidemiológicos de las enfermedades transmitidas por ellos. Es una tarea necesaria para la racionalización de las medidas de control de los insectos, en la que se ha invertido considerable

\* Financiado por proyectos FONDECYT 92-0954 y DTI B-3133.

\*\* Departamento de Cs. Biológicas Animales, Facultad de Cs. Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile, Casilla 2, Correo 15, Fax: 56-2-5416840. Santiago, Chile.

\*\*\* Ayudante-alumna, Carrera de Medicina Veterinaria, Universidad de Chile.

trabajo, en particular, en enfermedades tan importantes como la malaria.<sup>1-6</sup>

El parámetro más básico para aproximarse al problema es la "eficiencia vectorial": probabilidad de transmitir la infección en una picada.<sup>7</sup> Sin embargo, aquél que aporta mayor información, y el más usado, es la "capacidad vectorial": número de picadas potencialmente infectantes que puede producir la población de vectores, a partir de la picada infecciosa sobre un caso índice.<sup>8-11</sup> Su importancia radica en que se encuentra estrictamente relacionada con la tasa reproductiva básica de una enfermedad (Ro: número de casos secundarios a partir de un caso índice), constituyendo en su origen una simplificación de ella.<sup>1, 10</sup>

En el caso de la enfermedad de Chagas, la importancia de los insectos vectores se ha estudiado en forma cualitativa a partir del hábitat y hábitos alimentarios, y en forma cuantitativa mediante índices de infección, índices triatominos, proporción de infestación domiciliaria.<sup>12, 13</sup> En particular, en Chile, existe abundante información referente a estos parámetros para nuestros vectores de la enfermedad de Chagas.<sup>12, 23</sup> A pesar de ello, no existen estimaciones de eficiencia o capacidad vectorial persistiendo sin contestar las preguntas:

i) ¿Cuál es la probabilidad de adquirir la infección con una picada del vector? (eficiencia vectorial<sup>7</sup>).

ii) ¿Cuál es el número de picadas potencialmente infectantes que puede distribuir la población de un vector, a partir de un caso índice? (capacidad vectorial<sup>8</sup>).

iii) ¿Qué "proporción de los infectados son consecuencia de un determinado vector"? (a este parámetro lo denominaremos "impacto o eficacia vectorial").

El objetivo de este trabajo es responder estas preguntas para nuestros vectores de la enfermedad de Chagas (*Triatoma infestans* y *Triatoma spinolai*) por medio de estimaciones numéricas basadas en la información existente en la literatura.

## MATERIAL Y METODO

### Eficiencia vectorial

Corresponde a la probabilidad de que un susceptible "X", picado una vez por el vector "i" se infecte con el agente "Y" transmitido por dicho

vector (EYi). En nuestro caso Y es *Trypanosma cruzi*. Este concepto lo podemos extender a la probabilidad de que el susceptible se enferme (eficiencia extendida: EEYi). También es posible usar una "eficiencia vectorial relativa"<sup>8</sup> que corresponde a la razón entre la eficiencia vectorial del vector i y otro vector "t" considerado como patrón expresada en porcentaje:  $ERYi = 100 (EYi/EYt)$ . En el caso de la enfermedad de Chagas el patrón más adecuado es *T. infestans*, pues es el vector más difundido e importante.<sup>12, 13, 24</sup>

Definiendo los siguientes eventos:

Ai: El vector "i" lleva el agente "Y".

Bi: El susceptible "X" es picado por el vector "i" una vez.

C: El susceptible "X" se infecta.

D: El susceptible "X" adquiere la enfermedad producida por "Y".

Entonces  $EYi = P(C \cap Ai)/Bi$  y  $EEYi = P(D \cap C \cap Ai)/Bi$ . Bajo el supuesto que Ai es independiente de Bi, estas expresiones adoptan una forma más simple que se puede calcular directamente:

$$EYi = P(C/Ai \cap Bi) \cdot P(Ai) \text{ y } EEYi = (P(D/C \cap Ai) \cdot EYi) \quad (1)$$

Una estimación directa de  $P(Ai)$  es el índice de infección del vector "i" por el agente "Y" expresado como proporción.

### Impacto o eficacia vectorial

Definimos impacto o eficacia del vector "i" (IYi) como la proporción de infectados con el agente "Y", cuyo responsable fue dicho vector (y no otro). Corresponde exactamente a la probabilidad condicional de que un individuo haya sido picado por un vector "i" con el agente "Y", dado que está infectado (teorema de Bayes). Esto es:

$$IYi = P(Ai \mid Bi^*)/C = \frac{P(C/Ai \cap Bi^*) \cdot P(Ai \cap Bi^*)}{\sum_j P(C/Aj \cap Bj^*) \cdot P(Aj \cap Bj^*)} \quad (2)$$

En este caso  $Bi^*$  corresponde al evento "el susceptible "X" es picado por el vector "i" una o más veces.

Bajo los supuestos razonables que Ai es independiente de  $Bi^*$  y que la probabilidad de transmitir el agente "Y" en una picadura es igual para todos los vectores, cuando éstos están infectados; es decir  $P(C/Ai \cap Bi^*) = P(C/Aj \cap Bj^*)$  para todo "i" y "j", entonces:

IYi :

s

to

pod

sigu

α ·

f

pro

reci

de

P (

Ca

Ga

de

hu

e il

pro

de

(a)

ca

m

pc

nt

er

ne

m

sc

ta

vi

e

ir

d

ir

p

$$P(X=k) = \frac{e^{-\alpha} \alpha^k}{k!}$$

$$IY_i = \frac{P(A_i) \cdot P(B_i^*)}{\sum_j P(A_j) \cdot P(B_j^*)} \quad (3)$$

Suponiendo que recibir una picada es un evento no habitual en cortos intervalos de tiempo, podemos suponer que el número de picadas (n) sigue una distribución de Poisson de parámetro  $\alpha \cdot t$ .<sup>25</sup>

$P(n=x) = \alpha^x e^{-\alpha} / x!$ , con  $\alpha$  la frecuencia promedio de picada (número promedio de picadas recibidas por un susceptible humano por unidad de tiempo) y  $t$  el tiempo. En este caso:

$$P(n \geq 1) = 1 - P(x=0) = 1 - \alpha^0 e^{-\alpha} = P(B_i^*) \quad (4)$$

$$1 - e^{-\alpha}$$

#### Capacidad vectorial

Fue definido en la forma ya mencionada por Garret-Jhones (1964);<sup>8</sup> y corresponde al producto de tres factores: i) Frecuencia de picada en humanos ( $\alpha$ ), ii) Esperanza de vida infectante ( $\Gamma$ ), e iii) El hábito de picar (a).

i) La frecuencia de picada corresponde al producto de la densidad de vectores (m: número de vectores "i" por humano) y el hábito de picar (a).

Dado la dificultad en la obtención de (m), en el caso de *infestans* hemos usado el estimador:

$$m = \frac{it \cdot \%id \cdot N^v \cdot K}{\text{población expuesta}} \quad (5)$$

Donde  $it$  es el índice triatomino,  $\%id$  es el porcentaje de infestación domiciliaria,  $N^v$  es el número de viviendas en la región en que se encuentra el vector y  $k$  es un factor de corrección necesario, definido como  $k = (\text{número máximo de vinchucas en una vivienda}) / (\text{índice triatomino máximo})$ .

ii) Bajo el supuesto de una curva de sobrevivencia exponencialmente decreciente y una tasa de mortalidad " $\tau$ ", la probabilidad de que un vector sobreviva un día es:  $p = e^{-\tau}$  y por tanto, la esperanza de vida es:  $1/\tau = 1/(-\ln(p))$ .

Si el ciclo del agente "Y" en el vector desde su ingreso hasta su egreso como forma infectante es de " $n$ " días, entonces la esperanza de vida infectante es:  $\Gamma = p^n / (-\ln(p))$ ; <sup>8,25</sup> (6)

iii) El hábito de picar corresponde al número de picadas que realiza un vector en humanos por

unidad de tiempo, y se puede expresar como el producto del número de picadas sobre cualquier presa (h) y la proporción de ellas hechas en humano (proporción de sangre humana en la dieta: HBI; Human Blood Index):<sup>11</sup>

$$a = h \cdot \text{HBI}.$$

Finalmente, la capacidad vectorial se puede expresar como:

$$CV = \frac{m \cdot a^2 \cdot p^n}{-\ln(p)} \quad (7)$$

## RESULTADOS

### Eficiencia vectorial

La probabilidad de hacer la enfermedad, cuando se está infectado ( $P(D/C \text{ Ai Bi})$ ) se puede estimar en 0,25 (25%).<sup>24</sup> Un estimador razonable para la probabilidad de que una vinchuca infectada, transmita su agente en una picada ( $P(C/Ai \text{ Bi})$ ) es 0,01.<sup>26</sup> Las estimaciones de  $P(Ai)$  corresponden a los índices de infección por *T. cruzi* de los vectores *T. infestans* y *T. spinolai*.

Las eficiencias vectoriales (comunes y extendidas) de *T. infestans* (Tabla 1) son bajas en todas las regiones, con un máximo en la II Región. Para Chile, la eficiencia extendida promedio es de 0,0008125, lo que indicaría que son necesarias aproximadamente 10000 picadas potencialmente infectantes (es decir de *T. infestans* con el agente en su organismo) para producir 8 enfermos de enfermedad de Chagas. *T. spinolai* presenta una eficiencia menor en todas las regiones, con una eficiencia extendida promedio de 0,000285. La eficiencia relativa promedio nacional es de 35,1%, tomando como referencia a *T. infestans*.

### Capacidad vectorial

i) Hábito de picar (a): La frecuencia de picada de una vinchuca sobre cualquier presa se estima en un promedio de  $h = 0,0754$  picadas/día.<sup>26</sup> La proporción de sangre humana en la dieta (HBI) de *T. infestans* se estima en 0,684 (68,4%);<sup>22</sup> para *T. spinolai* este valor iría entre 0 en la región metropolitana<sup>18</sup> y 0,028 en la IV Región.<sup>13</sup> Considerando estos antecedentes se obtiene para *T. infestans*  $a = 0,0516$  picadas en humano/día ( $0,0754 \cdot 0,684$ ) y para *T. spinolai*  $a = 0,00209$

**Tabla 1. Eficiencia vectorial (EYi), eficiencia extendida (EEYi) y eficiencia relativa (ERYi) de los vectores chilenos de la enfermedad de Chagas**

| Región | <i>Triatoma infestans</i> |         |          | <i>Triatoma spinolai</i> |         |          | ERYi |
|--------|---------------------------|---------|----------|--------------------------|---------|----------|------|
|        | P (Ai)                    | EYi     | EEYi     | P (Ai)                   | EYi     | EEYi     |      |
| I      | 0,157                     | 0,00157 | 0,000393 | 0,000*                   | 0,00000 | 0,000000 | 0,0  |
| II     | 0,289                     | 0,00289 | 0,000726 | 0,088*                   | 0,00088 | 0,000222 | 30,3 |
| III    | 0,400                     | 0,00400 | 0,001000 | 0,222                    | 0,00222 | 0,000555 | 55,5 |
| IV     | 0,378                     | 0,00378 | 0,000945 | 0,258                    | 0,00258 | 0,00645  | 68,3 |
| V      | 0,256                     | 0,00256 | 0,00064  | -                        | -       | -        | -    |
| M      | 0,321                     | 0,00321 | 0,000803 | 0,000*                   | 0,00000 | 0,000000 | 00,0 |
| VI     | 0,400                     | 0,00400 | 0,001000 | -                        | -       | -        | -    |
| Chile  | 0,325                     | 0,00325 | 0,000813 | 0,114                    | 0,00140 | 0,00029  | 35,1 |

\* Valores de P (Ai) obtenidos de (14); el resto de (13).

picadas en humano/día, aunque este último valor sería válido sólo para la IV Región.

ii) Frecuencia de picada ( $\alpha$ ): El número máximo de vinchucas descrito en una vivienda se ha estimado en 6043.<sup>27</sup> El Índice triatomino máximo descrito en Chile es 480<sup>17</sup> por lo que en el estimador de la densidad de *T. infestans* por humano en las zonas expuestas "m" se considera un factor de corrección  $k = 6043/480 = 12,59$ .

La densidad media de *T. infestans* en Chile

(Tabla 2) se estima en 25,29 vinchucas/humano, variando entre 4,92 en la VI Región y 39,12 en la IV.

De este modo, el hábito de picar humanos de *T. infestans* en Chile es  $\alpha = 1,034$  picadas/(día humano), es decir distribuye en promedio, este número de picadas por persona y día.

De *T. spinolai* no disponemos información en referencia a su densidad por humano.

iii) Esperanza de vida infectante: el ciclo de vida

**Tabla 2. Densidad de *T. infestans* por humano (m) en Chile**

| Región | It     | %id* | N°V°   | Pob exp° | m     |
|--------|--------|------|--------|----------|-------|
| I      | 11,49* | 15,2 | 5524   | 12949    | 9,38  |
| II     | 54,50+ | 17,1 | 28254  | 136626   | 24,26 |
| III    | 19,80+ | 61,7 | 37923  | 165915   | 35,16 |
| IV     | 26,70+ | 57,1 | 75691  | 371340   | 39,12 |
| V      | 37,00+ | 17,9 | 79802  | 398397   | 16,70 |
| Metr   | 50,50+ | 30,1 | 101056 | 561562   | 34,44 |
| VI     | 17,20+ | 8,2  | 1879   | 6776     | 4,92  |
| Chile  | 31,03* | 32,6 | 328499 | 1654171  | 25,29 |

It = Índice triatomino, %id = porcentaje de infestación domiciliaria, N°V = número de viviendas, Pob exp = población humana expuesta.  
\* Ref (13); ° Ref (24); + Ref (14).

de 7  
sobr  
deci  
exp  
nec  
espe  
amb  
iv  
pue  
(0,0  
esta  
pote

R

I  
II  
III  
IV  
V  
VI  
C

Tabla 3. Probabilidad de sobrevivencia (p), mortalidad ( $\tau$ ) y esperanza de vida infectante ( $\Gamma$ ) para los vectores de la enfermedad de Chagas en Chile

| Especie             | $\tau$  | p       | n  | $\Gamma$ | $\Gamma$ |
|---------------------|---------|---------|----|----------|----------|
| <i>T. infestans</i> | 0,00704 | 0,99298 | 15 | 114,95   | 121,36   |
|                     |         |         | 30 | 127,76   |          |
| <i>T. spinolai</i>  | 0,00550 | 0,99451 | 15 | 154,03   | 160,66   |
|                     |         |         | 30 | 167,29   |          |

Las mortalidades fueron calculadas a partir de datos en ref. (28) y de datos no publicados de Canals y cols.

de *T. cruzi* es  $n = 15$  a 30 días. Las curvas de sobrevivencia de *T. infestans* y *T. spinolai* son decrecientes, pudiendo ajustárseles curvas exponenciales<sup>28</sup> y obtener los parámetros necesarios (Tabla 3). Como era de esperar, las esperanzas de vida infectante son similares para ambas especies, de alrededor de 3 a 4 meses.

iv) La capacidad vectorial para *T. infestans* se puede estimar en:  $CV = (25,29) \cdot (121,36) \cdot (0,0515736)^2 = 8,164$ . Es decir la población de esta vinchuca es capaz de distribuir 8 picadas potencialmente infectantes/día a partir de la

picadura sobre un caso índice. Para la IV Región ésta llega a 12,628 (Tabla 4).

No disponemos información de la densidad de *T. spinolai* por individuo, aunque por su distribución en grietas y piedras y el escaso contacto con humanos, podemos presumir que es menor. La Tabla 5, muestra las capacidades vectoriales calculadas para esta vinchuca en tres densidades (igual, la mitad y la décima parte de la densidad de *T. infestans* en la IV Región), que a lo sumo alcanzaría un valor de 0,027566 en la zona considerada.

Tabla 4. Capacidad vectorial de *T. infestans* en las regiones de riesgo en Chile

| Región | Capacidad vectorial |
|--------|---------------------|
| I      | 3,028               |
| II     | 7,831               |
| III    | 11,350              |
| IV     | 12,628              |
| V      | 5,391               |
| M      | 11,117              |
| VI     | 1,588               |
| Chile  | 8,164               |

Tabla 5. Capacidad vectorial de *T. spinolai* en la IV Región bajo tres densidades hipotéticas: igual, la mitad y un décimo de la densidad de *T. infestans* en la misma región

| Densidad (m) | Capacidad vectorial (CV) |
|--------------|--------------------------|
| 39,12        | 0,0276                   |
| 19,56        | 0,0138                   |
| 3,91         | 0,0028                   |

### Impacto vectorial

Sólo es posible hacer algunas estimaciones para la IV Región, por la escasa información disponible de *T. spinolai* (Tabla 6). Aún en el mejor de los casos, el impacto que puede provocar *T. spinolai* sobre la enfermedad de Chagas en Chile, no sobrepasa el 5,8% y lo más probable es que se encuentre cercano al 0,64%.

### DISCUSION

La transmisión de *T. cruzi* a un hospedero es por contaminación.<sup>29</sup> Se ha señalado que este mecanismo sería de baja eficiencia,<sup>30</sup> hecho que para nuestros vectores de la enfermedad de Chagas no es la excepción. Serían necesarias 1.000 picadas de *T. infestans* para provocar 3 infecciones humanas y 10000, para provocar 8 enfermos (Tabla 1). Sin embargo, estas afirmaciones se sostienen sobre las estimaciones de los índices de infección ( $P(A_i)$ ), la probabilidad de enfermar cuando se está infectado ( $P(D/C \text{ Ai Bi})$ ) y la probabilidad de infectarse cuando se ha recibido una picada infecciosa ( $P(C/A_i \text{ Bi})$ ). De estos tres estimadores, los dos primeros se encuentran bien establecidos a través de numerosos estudios,<sup>13, 14</sup> pero del último sólo se tiene una estimación razonable que le asigna un valor de 0,01 (1%).<sup>26</sup>

Aunque variaciones de un 50% alrededor de este valor no harían variar significativamente la eficiencia de los vectores, sí podrían influir

fuertemente en el reclutamiento de infecciones humanas. Esto hace considerar a este parámetro, junto a la capacidad de carga de vectores por individuo, la proporción de sangre humana en la dieta (HBI) y la proporción de casos infectados infectantes, como de importancia crítica en la transmisión de la enfermedad de Chagas.<sup>26</sup>

*T. spinolai* es menos eficiente aún que *T. infestans*, pues presenta índices de infección menores. A pesar de estas bajas eficiencias, prácticamente toda la infección humana y animal por *T. cruzi*, con altos índices en Chile, se debe a estos vectores (exceptuando los casos por transmisión transfusional y transplacentaria). Estos indican que la baja eficiencia en la transmisión, se encuentra compensada por un alto número de picadas.

Las densidades estimadas de *T. infestans* (Tabla 2) son razonables, considerando que esta especie ha sido señalada como un K-estratega (en el eje r-K, sensu Pianka, 1982) que mantiene sus poblaciones en un nivel cercano a la capacidad de carga<sup>27</sup> y que ésta se estima en 80 vinchucas por individuo.<sup>26</sup> En Chile el promedio correspondería a un 31% de esta capacidad, llegando a un 50% en la IV Región.

Las esperanzas de vida infectantes son largas, pues se trata de insectos de baja mortalidad diaria y gran longevidad (característico de los K-estrategas).<sup>27</sup>

El alto número de picadas sobre la que se sostienen los índices de infección animal y humana, queda evidenciado en el promedio de 8 picadas potencialmente infectantes/día que podría

Tabla 6. Impacto vectorial (IYI) expresado en porcentaje de *T. infestans* y *T. spinolai* en la IV Región, considerando tres densidades hipotéticas de *T. spinolai*

| Especie             | m     | $\alpha$ | P (Bi*) | IYI                 |                    |
|---------------------|-------|----------|---------|---------------------|--------------------|
| <i>T. infestans</i> | 39,12 | 2,018    | 0,867   | <i>T. infestans</i> | <i>T. spinolai</i> |
|                     | 39,12 | 0,082    | 0,079   | 94,17%              | 5,83%              |
| <i>T. spinolai</i>  | 19,56 | 0,041    | 0,040   | 96,94%              | 3,06%              |
|                     | 3,91  | 0,008    | 0,008   | 99,36%              | 0,64%              |

m = densidad de vinchucas por individuo,  $\alpha$  = frecuencia de picada, P (Bi\*) = probabilidad de que un susceptible sea picado una o más veces.

provo  
la pic  
rial).  
sería  
prove  
expue  
provi  
claro  
capa:  
sufici  
estat  
obter  
básic  
Ro =  
At  
dens  
que  
de co  
capa  
El  
la er  
Regi  
(a d  
esta  
y lo  
0,64  
del  
trans  
D  
este  
aprc  
los v  
y al  
neci  
labo  
sobi  
de f

L  
poti  
con  
epi  
por  
obti  
de  
pro  
pic  
I  
imj  
est  
de

provocar la población de *T. infestans* a partir de la picada sobre un caso índice (capacidad vectorial). Si éstas picadas fueran realmente infecciosas, serían posibles 8 nuevos casos por día provenientes de casos humanos en la zona expuesta. Si a esto se agregan los casos que provienen del abundante reservorio animal, queda claro que la población de *T. infestans* en Chile es capaz de sostener tasas reproductivas básicas suficientemente altas para mantener una endemia estable. Usando los parámetros de densidad aquí obtenidos, es posible estimar una tasa reproductiva básica de esta enfermedad, de aproximadamente  $R_0 = 5,6$ .<sup>31</sup>

Aunque no se dispone de información de la densidad de *T. spinolai* por humanos, es probable que ésta sea baja, lo que junto a su bajo hábito de consumir sangre humana determinaría su baja capacidad vectorial (Tabla 5).

El impacto comparado de ambas especies sobre la enfermedad de Chagas muestra que, en la IV Región y en el mejor de los casos para *T. spinolai* (a densidad igual que *T. infestans*), el impacto de esta última especie llegaría a lo sumo a un 5,83%, y lo más probable es que se encuentre cercano al 0,64%, lo que coincide con apreciaciones previas del rol de esta especie sobre la dinámica de transmisión chagásica.<sup>13, 14, 32</sup>

De este modo, las estimaciones propuestas en este artículo constituyen las primeras aproximaciones numéricas de la participación de los vectores de la enfermedad de Chagas en Chile, y aunque son razonables, se hace evidente la necesidad de nuevos estudios en terreno y en laboratorio, orientados a estimar estos parámetros, sobre todo para *T. spinolai*, lo que constituirá parte de futuros estudios.

## RESUMEN

La estimación numérica de la capacidad potencial de causar enfermedad de los insectos constituye un objetivo permanente los estudios epidemiológicos de las enfermedades transmitidas por ellos. La mayor cantidad de información se obtiene estimando la "capacidad vectorial": número de picadas potencialmente infectantes que puede producir la población de vectores, a partir de la picada infecciosa sobre un caso índice.

En el caso de la enfermedad de Chagas, la importancia de los insectos vectores se ha estudiado en forma cualitativa y mediante índices de infección, índices triatomínicos, proporción de

infestación domiciliaria. En este trabajo se estiman la eficiencia de transmisión y capacidad vectorial de los vectores de la enfermedad de Chagas en Chile, creando además un nuevo estimador denominado "impacto vectorial" que representa la proporción de la infección de la que es responsable un determinado vector.

Las especies *T. infestans* y *T. spinolai* tienen una baja eficiencia de transmisión de *T. cruzi*. Serían necesarias 10.000 picadas de *T. infestans* para provocar 8 enfermos. *T. spinolai* es menos eficiente que *T. infestans*. A pesar de estas bajas eficiencias, prácticamente toda la infección humana y animal en Chile, se debe a estos vectores, lo que indica una compensación de la baja eficiencia por un alto número de picadas. Este último se encuentra justificado por largas esperanzas de vida infectante y en un promedio de 8 picadas potencialmente infectantes/día que podría provocar la población de *T. infestans* a partir de la picada sobre un caso índice (capacidad vectorial).

El impacto comparado de ambas especies sobre la enfermedad de Chagas muestra que, en la IV Región, el impacto de *T. spinolai* se encuentra cercano al 0,64%. Por tanto, prácticamente toda la enfermedad de Chagas humana en Chile sería debida a *T. infestans*, lo que es necesario confirmar con nuevos estudios.

## REFERENCIAS

- 1.- MC DONALD G, CUELLAR C, FOLL C. The dynamics of malaria. WHO Bull. 38: 743-755, 1968.
- 2.- MOLINEAUX L D, GRAMICCIA G. The garki project: research on the epidemiology and control of malaria in the sudden savanna of west Africa. WHO Geneva, 1980.
- 3.- HERATH P R, ABEYAWARDANA T A, PADMALAL U K. A study of the role of different anopheline species in the transmission of human malaria in Sri Lanka. Proc Annu Sess. Sri Lanka Assoc Advance Sci. 39: 6, 1983.
- 4.- MOLINEAUX L D, MUIS D A, SPENCER H C, WERNDORFER W H. The epidemiology of malaria and its measurement in W H Werndorffer & Mc Gregor Eds. Principles and practices of malariology. Churchill Livingstone, England. 1988.
- 5.- BURKOT T R, GRAVES P M, PARU R, WIRTZ R A, HYWOOD P H. Human malaria transmission studies in the *Anopheles punctulatus* complex in New Guinea: sporozoite rates, inoculation rates, and sporozoite densities. Am J Trop Med Hyg 39: 135-144, 1988.
- 6.- MENDIS C, GAMAGE-MENDIS A C, HERATH P R, DE ZOYSA A P, ABHAYAWARDANA T A, CARTER

- R, MENDIS K. Characteristics of malaria transmission in Kataragana, Sri Lanka: a focus for immunoepidemiological studies. *Am J Trop Med Hyg* 42: 283-308, 1990.
- 7.- MENDIS CH, HERATH P, RAJAKARIME J, WEERASINGHE S, CAMAGE-MENDIS A, MENDIS K, DE ZOYSA A. Method to estimate relative transmission efficiencies of *Anopheles* species in human malaria transmission. *J Med Entomol* 29: 188-197, 1992.
- 8.- GARRET-JONES C. Prognosis for interruption of malaria transmission through assesment of the mosquito's vectorial capacity. *Nature* 204: 1173-1175, 1964.
- 9.- GARRET-JONES C. The human blood index of malaria vectors in relation to epidemiological assesment. *WHO Bull.* 30: 241-261, 1964.
- 10.- GARRET-JONES C, SHIDRAWI G R. Malaria vectorial capacity of a population of *A. gambiae*. *WHO Bull.* 40: 531-545, 1969.
- 11.- GARRET-JONES C, BOREHAM P F, PANT C P. Feeding habit of anophelines in 1971-1978, with reference to the human blood index: a review. *Bull Ent Res* 70: 165-185, 1980.
- 12.- SCHENONE H, ROJAS A. Algunos datos y observaciones pragmáticas en relación a la epidemiología de la Enfermedad de Chagas. *Bol Chile Parasit* 44: 66-86, 1989.
- 13.- APT W, REYES H. Algunos aspectos de la enfermedad de Chagas en Latinoamérica. *Parasitol al Día* 14: 23-40, 1990.
- 14.- SCHENONE H, VILLARROEL F, ROJAS A, ALFARO E. Factores biológicos y ecológicos en la epidemiología de la Enfermedad de Chagas en Chile. *Bol Chile Parasit* 35: 42-54, 1980.
- 15.- NEGhme A, SCHENONE H. Resumen de veinte años de investigación sobre la enfermedad de Chagas en Chile. *Rev Méd Chile* 88: 82-93, 1960.
- 16.- SAGUA H. en (14).
- 17.- APT W, REYES H. Aspectos epidemiológicos en la enfermedad de Chagas en Chile. I. Distribución geográfica, índices de infección en vectores y humanos. *Parasitol al Día* 10: 94-101, 1986.
- 18.- KNIERIM F, CASTRO M, VILLARROEL F, SCHENONE H. Estudio preliminar sobre la fuente de alimentación de *T. infestans* y *T. spinolai* mediante reacción de doble difusión en gel. *Bol Chile Parasit* 31: 34-36, 1976.
- 19.- GAJARDO-TOBAR R. El *Schizotrypanum cruzi* y sus agentes vectores en Chile. *Rev Chil Hist Nat.* 42: 132-137, 1938.
- 20.- WHITING C. Contribución al estudio de las reservas de parásitos de la enfermedad de Chagas en Chile. I. Primeros hallazgos de mamíferos infectados por *T. cruzi*. *Rev Chile Hyg.* 8: 69-100, 1946.
- 21.- DONCKASTER R, NEUMANN G, GAJARDO G, DIAZ J. Evaluación de un programa de erradicación del triatomismo domiciliario en el valle de Elqui. *Bol Chile Parasit.* 17: 2-6, 1962.
- 22.- SCHENONE H, CHRISTENSEN H, DE VASQUEZ A, GONZALEZ C, MENDEZ E, ROJAS A, VILLARROEL F. Fuentes de alimentación de triatomas domésticos y su implicancia epidemiológica en relación a la enfermedad de Chagas en áreas rurales de siete regiones de Chile. *Bol Chile Parasit.* 40: 34-38, 1985.
- 23.- GAJARDO-TOBAR R. Enfermedad de Chagas en la provincia de Valparaíso. *Bol Hosp Viña del Mar.* 1: 95-114, 1945.
- 24.- REYES H. Estado actual de la enfermedad de Chagas en Chile. Historia, distribución, ecología y demografía. Taller sobre la erradicación o control de la enfermedad de Chagas en Chile. *Sochipa.* 7, 1991.
- 25.- BAILEY N. The mathematical theory of infectious diseases and its applications. Griffin, London, 1975.
- 26.- RABINOVICH J, ROSSEL O. Mathematical models and ecology of Chagas disease. *PAHO Sci Pub* 318: 359-369, 1978.
- 27.- RABINOVICH J E. Vital statistics of triatominae under laboratory conditions I: *T. infestans*. *J Med Entomol* 9: 351-370, 1972.
- 28.- CANALS M, CATTAN P, EHRENFELD M, TORRES P. Poblaciones experimentales de *T. infestans*: efectos de condiciones ambientales variables. *Parasitol al Día* 16: 72-77, 1992.
- 29.- REYES H. Triatomos y cimicidos, en *Atlas A. Parasitología clínica*. Eds Mediterráneo. 1991.
- 30.- SCHOFIELD C J. Population dynamics and control of *T. infestans*. Manuscrito no publicado, 1985.
- 31.- CANALS M, CATTAN P E. Dinámica de transmisión de la infección chagásica en Chile: modelo y simulación. *Rev Méd Chile* 120: 1359-1365, 1992.
- 32.- MILES M A. Triatomine vectors and *Trypanosoma cruzi* zimodemes in Chile. Taller sobre la erradicación de la enfermedad de Chagas en Chile. Sociedad Chilena de Parasitología. Pág 9, 1991.

de  
que  
la  
est  
sef  
el s  
par  
me  
de  
sar  
en  
cor

Gn  
Anx