

XXIX REUNION ANUAL

ASOCIACION ARGENTINA DE ECONOMIA POLITICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

CANTIDAD DE PERSONAS SALVADAS  
DEL MAL DE CHAGAS

Eusebio Cleto del Rey<sup>(\*)</sup>

Orlando José Avila Blas<sup>(\*\*)</sup>

-----  
(\*) Profesor Titular de Economía II y Director del Instituto de Investigaciones Económicas (I. I. E.), Facultad de Ciencias Económicas, Jurídicas y Sociales, Universidad Nacional de Salta (UNSa). Investigador Adjunto del CONICET.

(\*\*) Profesor en Matemática y Física. Profesor Adjunto de Probabilidades y Estadística, Facultad de Ciencias Exactas, UNSa.

XXIX REUNION ANUAL  
ASOCIACION ARGENTINA DE ECONOMIA POLITICA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

CANTIDAD DE PERSONAS SALVADAS DEL MAL DE CHAGAS(\*)

Eusebio Cleto del Rey

Orlando José Avila Blas

1. INTRODUCCION

Para estimar los beneficios brutos totales que se derivan de la prevención del mal de Chagas, a partir del beneficio promedio por enfermo<sup>1</sup>, necesitamos conocer la cantidad de personas salvadas de este mal gracias a la prevención, existentes en cada uno de los años correspondientes al lapso que empieza en el momento en que se realiza la fase de ataque (primer rociado, con insecticida, a las viviendas) y continúa hasta infinito.

Una forma de conocer esa cantidad de personas, a la que denominamos "stock de salvados del mal de Chagas", es estimar la

(\*) This investigation received financial support from the UNDP/World Bank/WHO Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (TDR) (Esta investigación recibió apoyo financiero del Programa Especial para Investigación y Entrenamiento en Enfermedades Tropicales (TDR) del PNUD/Banco Mundial/OMS). Este trabajo surgió del Proyecto de Investigación Nº 357/4 del Consejo de Investigación de La UNSA.

AGRADECIMIENTOS: Fue valiosa la colaboración de la Dra. Amalia Segovia, del Programa de Chagas, Dirección de Epidemiología, Ministerio de Salud Pública de La Provincia de Salta, quien nos proveyó los datos referentes a número de infectados con el mal de Chagas en El Quebrachal. También lo fue la del Lic. Juan Carlos Cid, Director de Estadísticas y Censos de La Provincia de Salta, quien nos suministró los datos censales. Agradecemos, además, a todos los que participaron en las Reuniones de Discusión Nº 77 y 79 del I. I. E., realizadas el 19 de Diciembre de 1993 y el 13 de Abril de 1994, respectivamente.

1. Que fue calculado para el caso del Departamento de Anta, Provincia de Salta, con resultados parciales detallados en: DEL REY, E. C., BASCOMBRIO, M. A., ROJAS, C. L. Y FAINGUERSCH, D. P.: "Costos de los Tratamientos de Mal de Chagas", Asociación Argentina de Economía Política: Anales: XXVIII Reunión Anual, Tucumán, 1993, Tomo II, pág. 455/478.

tasa anual de infectación con la enfermedad, correspondiente a una población protegida por la prevención, y la tasa anual de infectación de una población no protegida por esa prevención.

Por aplicación de las mencionadas tasas a datos correspondientes a la población<sup>1</sup>, calculamos luego la cantidad de salvados del mal de Chagas.

El modelo que nos permite realizar la estimación se basa en las siguientes presunciones: 1) Dada una cohorte de personas de la misma edad, residentes en la misma área geográfica, originariamente (esto es, en el momento de su nacimiento) no infectada con Chagas, suponemos que ella se infecta con ese mal a una tasa anual  $i_n$  si no está protegida por rociado, o a una tasa anual  $i$  si está protegida por ese medio, ambas aplicables en forma continua ("capitalización" continua); 2) No se registra migración.

En la Sec. 2 presentamos el modelo, en la Sec. 3 desarrollamos el método de estimación de las tasas de infectación, en la Sec. 4 calculamos el stock de salvados del mal de Chagas, en tanto que las propiedades de los estimadores las analizamos en la Sec. 5. Las Sec. 6 y 7 contienen aplicaciones empíricas y en Sec. 8 hacemos las consideraciones finales.

## 2. EL MODELO

Una población  $P_{xt}$  que en el año  $t$  tiene una edad  $x$ , (en lo referente a simbología consultar el Apéndice A), que se estuvo infectando con el mal de Chagas a una tasa anual constante  $i$ , durante toda su vida, tiene el siguiente número de no infectados

-----

1. Obtenidos de un censo.

con la enfermedad:

$$N_{xt} = P_{xt} e^{-xi} \quad (1)$$

Donde:  $e$  es la base de los logaritmos naturales.

Si las condiciones, relacionadas con la enfermedad, a las que estuvo sometida esa población cambiaron en algún momento de su vida, de modo que se pueda esperar la existencia de dos tasas anuales de infectación, una de ellas,  $i_n$ , vigente durante los primeros  $(x-t+\tau)$  años, y la segunda,  $i$ , vigente durante los  $(t-\tau)$  restantes, la cantidad de no infectados sería:

$$N_{xt} = P_{xt} e^{-(x-t+\tau)i_n - (t-\tau)i} \quad (2)$$

Esto también se puede escribir:

$$n_{xt} = e^{-xi} \quad (3)$$

y

$$n_{xt} = e^{-(x-t+\tau)i_n - (t-\tau)i} \quad (4)$$

respectivamente.

Para el caso particular en el que estamos interesados, aplicaríamos este modelo de la siguiente manera: En el área geográfica en la que se encuentra radicada esta población se realizó la fase de ataque del control del mal, por rociado de viviendas,  $(t-\tau)$  años antes del momento para el que realizamos los cálculos, y estuvo en fase de vigilancia a lo largo de esos  $(t-\tau)$  años. Si  $x \leq (t-\tau)$ , la población fue infectándose a una tasa constante  $i$ , correspondiente al caso de gente protegida por el rociado durante toda su vida. Si  $x > (t-\tau)$ , la población estuvo infectándose a una tasa anual constante  $i_n$  durante los años de su vida anteriores al rociado, y a una tasa  $i$  en los últimos  $(t-\tau)$  años.

### 3. ESTIMACION DE LAS TASAS

Mediante un muestreo a realizarse en el área geográfica bajo estudio, determinaremos, por análisis serológico, la cantidad de no infectados con mal de Chagas ( $N_x^m$ ). Tales datos, así como los respectivos tamaños de muestra ( $P_x^m$ ), serán clasificados por edad de las personas observadas. Conociendo el momento en que tuvo lugar la fase de ataque en esa área,  $\tau$ , sabremos la cantidad de años transcurridos desde entonces hasta la fecha de nuestra observación, o sea  $a$ .

Con esos datos estamos en condiciones de estimar las tasas de infectación, como puede verse en 3.1 y 3.2.

#### 3.1. Tasa Anual de Infectación de Personas Protegidas del Mal

Para estimar esta tasa, debemos trabajar con datos referentes a personas (incluidas en la muestra) cuya edad sea menor o igual al tiempo transcurrido desde el momento en el que se realizó la fase de ataque en su lugar de residencia hasta el momento en el que se realiza la observación. Tales personas estuvieron toda su vida protegidas por el rociado.

Por lo tanto, emplearemos los datos que corresponden a  $x = x', x'+1, x'+2, \dots, a^1$ .

La muestra de  $P_x^m$  personas, de cada una de esas edades, se estuvo infectando a la tasa  $i$  hasta el momento en que realizamos la observación, quedando, en ese momento,  $N_x^m$  de sus miembros sin

1. Bajo el supuesto de que no faltan datos correspondientes a edades intermedias.

infectar. Entonces tendremos:

$$N_x^m = P_x^m e^{-xi+u_x} \quad (5)$$

De donde:

$$n_x^m = e^{-xi+u_x} \quad (6)$$

Definimos la media geométrica<sup>1</sup>, en este caso, como:

$$n_p = \left[ \prod_{x=x'}^a n_x^m \right]^{1/(a-x'+1)} \quad (7)$$

Empleando la media geométrica de la ecuación (7), y la ecuación (6), obtenemos:

$$n_p = \left[ \prod_{x=x'}^a e^{-xi+u_x} \right]^{1/(a-x'+1)} \quad (8)$$

De donde:

$$n_p = \left[ e^{-i \left( \sum_{x=x'}^a x \right) + \sum_{x=x'}^a u_x} \right]^{1/(a-x'+1)} \quad (9)$$

y

$$\ln n_p = \frac{-i \left[ \sum_{x=x'}^a x \right] + \sum_{x=x'}^a u_x}{(a-x'+1)} \quad (10)$$

1. Emplease la media geométrica no sólo porque ello es aconsejable cuando se trabaja con proporciones (como lo son, en este caso, los  $n_x^m$ ), sino porque el estimador de  $i$  al que llegamos en esta sección es equivalente a calcular:

$$\hat{i}_x = - \frac{\ln n_x^m}{x} \quad \text{para: } x = x', x'+1, \dots, a$$

y luego hacer el promedio, ponderado por edad, de los  $\hat{i}_x$ :

$$\hat{i} = \frac{\sum_{x=x'}^a x \hat{i}_x}{\sum_{x=x'}^a x}$$

Donde:  $\ln$  simboliza logaritmo natural.

Reemplazando:

$$\ln n_p = - i \bar{x} + \bar{u} \quad (11)$$

Finalmente resulta

$$i = \frac{- \ln n_p + \bar{u}}{\bar{x}} \quad (12)$$

Como no conocemos  $\bar{u}$ , estimamos  $i$  del siguiente modo:

$$\hat{i} = - \frac{\ln n_p}{\bar{x}} \quad (13)$$

Nótese que:

$$\hat{i} = i - \frac{\bar{u}}{\bar{x}} \quad (14)$$

### 3.2. Tasa Anual de Infección de Personas no Protegidas del Mal

En este caso, debemos trabajar con datos referentes a personas (incluidas en la muestra) cuya edad sea mayor que el tiempo transcurrido desde el ataque por rociado hasta que se tomó la muestra. Tales personas estuvieron parcialmente protegidas por el rociado, ya que parte de sus vidas transcurrió antes de que se realizara la fase de ataque.

Por lo tanto, emplearemos los datos correspondientes a las edades  $x = a + 1, a + 2, \dots, x^{n-1}$ . Utilizaremos también la tasa  $\hat{i}$  estimada en la sección anterior.

La gente de edad  $x > a$ , incluida en la muestra, a la que su-

---

1. Bajo el supuesto de que no faltan datos correspondientes a edades intermedias.

ponemos originariamente no infectada con Chagas:  $P_X^m$ , se irá infectando, hasta el momento del primer rociado (ataque), a una tasa anual  $i_n$ , y, a partir de ese momento, lo seguirá haciendo a una tasa anual  $i$ . A la edad mencionada, tal población tendrá  $N_X^m$  de sus miembros sin infectar, número que será:

$$N_X^m = P_X^m e^{-(x-a)i_n - ai + u_x} \quad (15)$$

o, lo que es lo mismo:

$$n_X^m = e^{-(x-a)i_n - ai + u_x} \quad (16)$$

Redefiniendo la media geométrica<sup>1</sup> de la ecuación (7), tendremos:

$$n_p' = \left[ \frac{x''}{\pi} n_X^m \right]^{1/(x''-a)} \quad (17)$$

De (16) y (17) obtenemos:

$$n_p' = e^{-ai} \left[ \frac{x''}{\pi} e^{-(x-a)i_n + u_x} \right]^{1/(x''-a)} \quad (18)$$

Tomando logaritmos:

$$\ln n_p' = -a i - (\bar{x}^* - a) i_n + \bar{u}' \quad (19)$$

1. La equivalencia señalada en la nota al pie 1 de la pág. 6 se da, en este caso, entre el estimador de  $i_n$  al que arribamos en esta sección, y el promedio ponderado calculado del siguiente modo:

Primero obtenemos:

$$\hat{i}_{nx} = \frac{-\ln n_x^m - a i}{x - a}$$

Y luego promediamos:

$$\hat{i}_n = \frac{\sum_{x=a+1}^{x''} (x-a) \hat{i}_{nx}}{\sum_{x=a+1}^{x''} (x-a)}$$

Nótese que para calcular todas y cada una de las  $\hat{i}_{nx}$  se usa el mismo valor de  $\hat{i}$ , o sea su promedio muestral.

De donde resulta:

$$i_n = \frac{-\ln n'_p - a i + \bar{u}'}{\bar{x}^* - a} \quad (20)$$

Para estimar esta tasa empleamos:

$$\hat{i}_n = \frac{-\ln n'_p - a \hat{i}}{\bar{x}^* - a} \quad (21)$$

Nótese que:

$$\hat{i}_n = i_n - \frac{\bar{u}'}{\bar{x}^* - a} + \frac{a}{\bar{x}(\bar{x}^* - a)} \bar{u} \quad (22)$$

#### 4. STOCK DE SALVADOS DEL MAL DE CHAGAS

Con la distribución por edades (con frecuencias absolutas) de la población del área geográfica estudiada, provenientes de un censo de población, y las tasas calculadas según se vio en la Sec. 3, estamos en condiciones de estimar el stock de salvados del Chagas, correspondiente al año  $t$ . Para ello, conviene separar la población que nació antes del rociado de ataque ( $x \leq t - \tau$ ) de aquella que lo hizo después del mismo ( $x > t - \tau$ ).

##### 4.1. Población Nacida después del Ataque

Esta población estuvo protegida por el rociado durante toda su vida, ya que  $x \leq t - \tau$ , y por lo tanto gozó de los beneficios de la prevención a lo largo de sus  $x$  años. Esto nos permite calcular la cantidad de no infectados de edad  $x$ , que existen en el año considerado,  $t$ , estando bajo protección, del siguiente modo:

$$N_{xt}^D = P_{xt} e^{-xi} \quad (23)$$

También calculamos la cantidad de no infectados de esa edad,

que existirían en el año  $t$ , suponiendo que no hubieran sido protegidos. Esto lo hacemos del siguiente modo:

$$N_{xt}^n = P_{xt} e^{-x i_n} \quad (24)$$

Calculamos luego, por diferencia entre (23) y (24), el número de personas de edad  $x$  que no se infectaron, pero que lo habrían hecho si no se las hubiera protegido, o sea el stock de salvados del Chagas de esa edad, existente en el año  $t$ . Esto es:

$$S_{xt} = N_{xt}^p - N_{xt}^n = P_{xt} (e^{-x i} - e^{-x i_n}) \quad (25)$$

A tal stock lo estimamos empleando las tasas  $\hat{i}$  e  $\hat{i}_n$ , consideradas en la Sec. 3, del siguiente modo:

$$\hat{S}_{xt} = P_{xt} (e^{-x \hat{i}} - e^{-x \hat{i}_n}) \quad (26)$$

#### 4.2. Población Nacida antes del Ataque

En este caso, la población estuvo protegida durante los últimos  $(t-\tau)$  años, pero desprotegida en todos los años anteriores. Necesitamos, por lo tanto, calcular primero la población de cada edad  $x$  (en años cumplidos al año  $t$ )<sup>1</sup> libre del mal, existente en el momento en que tuvo lugar la fase de ataque, o sea en  $\tau$ . A ese stock lo calculamos de la siguiente forma:

$$N_{xt}^r = P_{xt} e^{-(x-t+\tau) i_n} \quad (27)$$

Luego calculamos los no infectados que corresponden a las situaciones de protección y desprotección, para cada año  $t$ , empleando (27) del siguiente modo:

$$N_{xt}^p = N_{xt}^r e^{-(t-\tau) i} \quad (28)$$

1. Es conveniente aclarar que  $N_{xt}^r$  es la cantidad de personas, perteneciente a la camada o cohorte que en el año  $t$  tendrá  $x$  años de edad, que no está infectada con T. cruzi en el año  $\tau$ , o sea en aquel en que se realizó la fase de ataque.

y

$$N_{xt}^n = N_{xt}^r e^{-(t-\tau)i_n} \quad (29)$$

Luego, por diferencia entre (28) y (29), obtenemos el stock de salvados del mal de Chagas de edad  $x$ , correspondiente al año  $t$ :

$$\begin{aligned} S_{xt} &= N_{xt}^D - N_{xt}^n = N_{xt}^r [e^{-(t-\tau)i} - e^{-(t-\tau)i_n}] \\ &= P_{xt} e^{-(x-t+\tau)i_n} [e^{-(t-\tau)i} - e^{-(t-\tau)i_n}] \end{aligned} \quad (30)$$

A tal stock lo estimamos empleando las tasas  $\hat{i}$  e  $\hat{i}_n$ , consideradas en la Sec. 3, del siguiente modo:

$$\hat{S}_{xt} = P_{xt} e^{-(x-t+\tau)\hat{i}_n} [e^{-(t-\tau)\hat{i}} - e^{-(t-\tau)\hat{i}_n}] \quad (31)$$

#### 4.3. Stock Total

Para obtener el stock total de salvados del mal de Chagas, correspondiente a un determinado año  $t$ , debemos sumar los valores de  $S_{xt}$ , correspondientes a ese año, obtenidos en 4.1, ecuación (25) y 4.2, ecuación (30), para todas las edades. Esto es:

$$S_t = \sum_{x=1}^{\Omega} S_{xt} \quad (32)$$

Al stock de la ecuación (32) lo estimamos sumando las estimaciones de  $S_{xt}$  propuestas en las ecuaciones (26) y (31), del siguiente modo:

$$\hat{S}_t = \sum_{x=1}^{\Omega} \hat{S}_{xt} \quad (33)$$

## 5. PROPIEDADES DE LOS ESTIMADORES

### 5.1. Estimadores de las Tasas de Infección

Nuestro supuesto referente a la media de  $u$  (Ver Apéndice A),

nos dice que:

$$E(u_x) = 0 \quad (34)$$

Donde:  $E()$  simboliza valor esperado.

Empleando las ecuaciones (14), (22) y (34), y teniendo en cuenta que  $\underline{a}$ ,  $\bar{x}$  y  $\bar{x}^*$  no son variables aleatorias, obtenemos:

$$E(\hat{i}) = i \quad (35)$$

y

$$E(\hat{i}_n) = i_n \quad (36)$$

Por lo tanto, los estimadores de las tasas de infectación son insesgados.

Bajo los supuestos del Apéndice A, referentes a  $u$ , y empleando las ecuaciones (14), (22), (35) y (36), se calculan las respectivas varianzas:

$$\text{VAR}(\hat{i}) = \text{VAR}\left(i - \frac{\bar{u}}{\bar{x}}\right) = \frac{1}{\bar{x}^2} \frac{\sigma^2}{a-x'+1} \quad (37)$$

$$\begin{aligned} \text{VAR}(\hat{i}_n) &= \text{VAR}\left[i_n - \frac{\bar{u}'}{\bar{x}^*-a} + \frac{a}{\bar{x}(\bar{x}^*-a)} \bar{u}\right] = \\ &= \frac{\text{VAR}(\bar{u}')}{(\bar{x}^*-a)^2} + \frac{a^2}{\bar{x}^2(\bar{x}^*-a)^2} \text{VAR}(\bar{u}) = \\ &= \frac{\sigma^2}{x''-a} \frac{1}{(\bar{x}^*-a)^2} + \frac{\sigma^2}{a-x'+1} \frac{a^2}{\bar{x}^2(\bar{x}^*-a)^2} \quad (38) \end{aligned}$$

Donde:  $\text{VAR}()$  simboliza varianza.

En (38) se usó el hecho de que  $\bar{u}$  y  $\bar{u}'$  se suponen independientes, por corresponder a edades de grupos disjuntos.

En (37) y (38) se observa que las varianzas convergen a cero cuando  $(a-x'+1)$  y  $(x''-a)$  tienden a infinito, dado que los factores que acompañan a  $\sigma^2/(a-x'+1)$  y  $\sigma^2/(x''-a)$  son constantes finitas.

Luego, debido a que  $\hat{i}$  e  $\hat{i}_n$  son insesgados y su varianza converge a cero, se podría concluir, usando el Teorema de Tchebyshev, que ambos son estimadores consistentes, esto es, ambos estimadores se aproximan probabilísticamente al parámetro que pretenden estimar, conforme aumenta la cantidad de información en la muestra. Sin embargo, si tenemos en cuenta la naturaleza de  $(a-x'+1)$  y  $(x''-a)$ , surgen serias dudas respecto a la pertinencia de esta propiedad de los estimadores. En efecto, cada uno de esos paréntesis representa un cierto número de años de edad de la gente comprendida en la muestra, y, si sumamos ambos, nos da un total de  $(x''-x'+1)$ , donde  $x''$  no puede suponerse que exceda los 80 ó 90 años, y  $x'$  no puede ser menor que cero. ¿Qué sentido tiene, entonces decir que esos denominadores tienden a infinito?

Si supusieramos que  $u$  tiene distribución  $N(0, \sigma^2)$ , podríamos analizar qué sucede con otras propiedades, tales como máxima verosimilitud y suficiencia, empleando desarrollos conocidos. Pero tal supuesto parece demasiado fuerte, si tenemos en cuenta que la variable  $u$  no es sino el desvío de  $n_x^m$  con respecto a  $n_{xt}$ , las que tienen más bien la naturaleza de proporciones (muestral y poblacional, respectivamente) de aciertos en un fenómeno dicotómico. Si a esto agregamos que  $n_{xt}$  puede tomar valores alejados de 0,5 (cercanos a la unidad), y que muestreamos en poblaciones finitas y sin reposición<sup>1</sup>, parece adecuado trabajar con la distribución hipergeométrica.

---

1. Si a una persona ya se le extrajo sangre, no se la vuelve a seleccionar para tal fin.

## 5.2. Estimadores de los Stocks de Personas

No podemos decir que los estimadores de los distintos stocks de personas considerados son insesgados, pues son transformaciones exponenciales (no lineales) de las tasas de infectación. En general, no conocemos la relación que existe entre el valor esperado de una variable (o varias variables) aleatoria y el de una transformación exponencial de esa variable (o variables). Así, por ejemplo, tomando valores esperados a la ecuación (26), tendremos:

$$E(\hat{S}_{xt}) = P_{xt} [E(e^{-x\hat{i}}) - E(e^{-x\hat{i}_n})] \neq S_{xt} \quad (39)$$

Esto nos dice que  $\hat{S}_{xt}$  es un estimador sesgado de  $S_{xt}$ . Es más, no podemos conocer nada respecto a este sesgo en tanto no sepamos cuál es la forma de la distribución de  $u$ . Por la misma razón, son sesgados  $\hat{S}_{xt}$ , de la ecuación (31), y  $\hat{S}_t$ , de la ecuación (33).

Si pudiéramos suponer que  $u$  tiene distribución  $N(0, \sigma^2)$ , conoceríamos la forma del sesgo de cada uno de los estimadores de stocks, los cuales tendrían en tal caso distribución lognormal, y nos sería posible corregirlos. Pero ya dijimos que el supuesto de normalidad parece inadecuado.

## 6. EMPLEO DEL MODELO EN EL CASO DE ANTA

A fin de obtener una primera estimación del stock de salvados del mal de Chagas para el Departamento de Anta (área geográfica bajo estudio), Provincia de Salta, recurrimos a información ya existente que nos permitió aplicar nuestro modelo.

Así, el Cuadro N° 1, del Apéndice B, contiene los datos ob-

tenidos para El Quebrachal (municipio del Departamento de Anta) por la Dra. Amalia Segovia, para el Programa de Chagas, Dirección de Epidemiología, Ministerio de Salud Pública de la Provincia de Salta. La muestra comprende personas de entre 1 y 12 años de edad, a las cuales les fue extraída sangre y realizado el correspondiente análisis serológico para el mal de Chagas. La muestra fue tomada durante los años 1989 y 1990, pero nosotros consideramos a este último año como aquel en el que se realizó el estudio, debido a que en él se relevó el 80 % de los datos. En la primera columna del Cuadro N° 1 encontramos la edad ( $x$ ), en la segunda la cantidad de personas estudiadas ( $P_x^m$ ) y en la tercera el número de esas personas cuyo análisis resultó negativo ( $N_x^m$ ), o sea la información originaria. La última columna contiene la proporción de negativos sobre el total ( $n_x^m$ ), calculada por nosotros.

La fase de ataque tuvo lugar, en El Quebrachal, a fines de 1983 y en todo 1984, por lo cual, en nuestros cálculos consideramos:  $\tau = 1984$ ;  $a = 6$ .

Con tales datos obtuvimos los siguientes resultados, aplicando las ecuaciones (7), (13), (17) y (21):

Media geométrica correspondiente a las edades: 1, 2, 3, 4, 5, 6 años:

$$n_p = 0,98733243$$

Tasa anual de infectación de personas protegidas por rociado:

$$\hat{i} = 0,0036424251$$

Media geométrica correspondiente a las edades: 7, 8, 9, 10, 11, 12 años:

$$n'_p = 0,90710922$$

Tasa anual de infectación de personas no protegidas por el rociado:

$$\hat{i}_n = 0,021610818$$

En el Cuadro N° 2 del Apéndice B encontramos la población total de Anta, clasificada por edades, según el Censo Nacional de Población y Viviendas de 1991.

Con las estimaciones anteriores de  $i$  e  $i_n$  y los datos del Cuadro N° 2 del Apéndice B, construimos el Cuadro N° 3 del mencionado Apéndice que contiene el stock de salvados del mal de Chagas calculado según lo indican las ecuaciones (26), (31) y (33), para cada uno de los años entre 1984 y 2082. Para tales cálculos, suponemos que tanto la población de Anta como su distribución por edades permanecen constantes (e iguales a las censales) a través del tiempo (t).

## 7. LA CAMPAÑA DE ANTA

Si bien los datos referentes a infectación en El Quebrachal, que empleamos en este trabajo (Cuadro N° 1 del Apéndice B), son de muy buena calidad, corresponden a un sólo punto del Departamento de Anta y fueron compilados sin realizar ningún control respecto a si nuestro supuesto de ausencia de migración es aceptable. Contamos, además, con datos provenientes de una recolección similar, realizada por la Dra. Segovia en el Municipio de Las Lajitas (Anta), en 1989, con observaciones de un número aceptable de personas de las edades  $x = 6, 7, 8, 9, 10, 11$  y  $12$  años. Esta última información, además de tener el mismo inconveniente que la de El Quebrachal en cuanto a migración, no resulta utili-

zable por cuanto cuenta con muy pocas personas incluídas en la edades de 5 ó menos años, que son los "totalmente protegidos por rociado".

Lo dicho en el párrafo anterior nos llevó a realizar una encuesta seroepidemiológica en Las Lajitas, desde el 29 de Mayo hasta el 2 de Junio del corriente año. Es lo que denominamos "Campaña de Anta". En ella fueron recolectadas 467 muestras de sangre, correspondientes a las edades 6 a 19 años, que están, a la fecha de este trabajo, en proceso de análisis estadístico. Se piensa emplear la información que de ese proceso surja, conjuntamente con los datos para Las Lajitas obtenidas por la Dra. Segovia, para mejorar las estimaciones que presentamos en este trabajo.

#### 8. CONSIDERACIONES FINALES

1) Una de las tareas que es necesario continuar en el futuro es el análisis de las características de los estimadores, a fin de mejorar y ampliar lo presentado en la Sec. 5.

2) En base a las evidencias aquí presentadas, podemos concluir que el rociado de las viviendas es un método técnicamente eficiente para combatir el mal de Chagas, ya que en El Quebrachal hizo disminuir la tasa anual de infectación del 2,16 por ciento al 0,36 %.

3) Los datos obtenidos en la Campaña de Anta nos permitirán, además de mejorar nuestras estimaciones de la cantidad de salvados del Chagas, aportar más evidencia empírica a lo sostenido en 2).

4) Si lo observado en Las Lajitas (mediante la Campaña de

Anta) es válido para el resto del Departamento, podemos afirmar que no existen graves problemas de migración, que pudieran sesgar nuestros resultados. Ello aumenta nuestra confianza en los resultados aquí presentados, referentes a El Quebrachal.

5) Empleando el stock de salvados de Chagas aquí calculado, se encontró una tasa interna de rendimientos de la prevención del 62,30 %<sup>1</sup>. Esto nos permite decir que la prevención por rociado no sólo es buena desde el punto de vista sostenido en 2), sino que es muy rentable desde el punto de vista económico (con criterio social).

Salta, Julio de 1994.

---

1. DEL REY, E. C., BASOMBRIÓ, M. A. y ROJAS, C. L.: "La Rentabilidad de la Prevención del Mal de Chagas", A. E. P.: Anales: XXIX Reunión Anual, La Plata, 1994, enviado para publicación.

## APENDICE A

### SIMBOLOGIA

En el texto empleamos la simbología que se define a continuación:

$P_{xt}$  población de edad  $x$ , existente al 30/6 del año  $t$

$t$  año para el que se realizan los cálculos

$x$  edad en años cumplidos

$i$  tasa anual promedio de infectación de la población, si está protegida por rociado

$N_{xt}$  número de no infectados con Chagas, de edad  $x$ , existente en la población al 30/6 del año  $t$

$i_n$  tasa anual promedio de infectación de la población, si no está protegida por rociado

$\tau$  año en el que se realizó el rociado de ataque

$n_{xt} = \frac{N_{xt}}{P_{xt}}$  proporción de no infectados con Chagas, de edad  $x$ , existente en la población al 30/6 del año  $t$

$N_x^m$  número de no infectados con Chagas, de edad  $x$ , comprendidos en la muestra

$P_x^m$  número de personas comprendidas en la muestra, que tiene  $x$  años de edad

a número de años transcurridos entre el año en que se realizó el rociado de ataque,  $\tau$ , y aquel en el que se releva la muestra

$x'$  edad mínima, con datos utilizables, comprendida en la muestra

$u_x$  valor que toma la variable aleatoria  $u$  (a la que suponemos distribuida con media nula y varianza  $\sigma^2$ , igual para todas las edades), en la muestra correspondiente a la edad  $x$

$n_x^m = \frac{N_x^m}{P_x^m}$  proporción de no infectados con Chagas, de  $x$  años de edad, comprendidos en la muestra

$n_p$  media geométrica de los  $n_x^m$ , para  $x \leq a$

$\bar{x} = \frac{\sum_{x=x'}^a x}{a-x'+1}$  edad promedio de la muestra de personas protegidas, o sea para  $x \leq a$

$\bar{u} = \frac{\sum_{x=x'}^a u_x}{a-x'+1}$  promedio muestral de los desvíos aleatorios, para  $x \leq a$

$\hat{i}$  estimador de la tasa de infectación  $i$

$x''$  edad máxima, con datos utilizables, comprendida en la muestra

$n_p'$  media geométrica de los  $n_x^m$ , para  $x > a$

$$\bar{x}^* = \frac{\sum_{x=a+1}^{x''} x}{x''-a}$$
 edad promedio de la muestra de personas parcialmente protegidas, o sea para  $x > a$

$$\bar{u}' = \frac{\sum_{x=a+1}^{x''} u_x}{x''-a}$$
 promedio muestral de los desvíos aleatorios, para  $x > a$

$\hat{i}_n$  estimador de la tasa de infectación  $i_n$

$N_{xt}^D$  número de no infectados con Chagas, de edad  $x$ , que existirían en la población, al 30/6 del año  $t$ , si ésta estuviera protegida por rociado

$N_{xt}^n$  número de no infectados con Chagas, de edad  $x$ , que existirían en la población, al 30/6 del año  $t$ , si ésta no estuviera protegida por rociado

$S_{xt}$  stock de salvados del mal de Chagas, de edad  $x$ , al 30/6/ $t$

$\hat{S}_{xt}$  estimador del stock de salvados del mal de Chagas  $S_{xt}$

$N_{xt}^r$  número de no infectados con Chagas, de edad  $x$  (en años cumplidos al año  $t$ ), que hay en el momento del rociado de ataque, o sea en  $\tau$

$S_t$  stock total de salvados del mal de Chagas, al 30/6 del año  $t$

$\Omega$  máxima edad con observaciones en la población

$\hat{S}_t$  estimador del stock de salvados del mal de Chagas  $S_t$

APENDICE B

CALCULO DEL STOCK DE SALVADOS DEL MAL DE CHAGAS

CUADRO N° 1

RESULTADOS DE LA MUESTRA RELEVADA EN EL QUEBRACHAL,  
DEPARTAMENTO DE ANTA, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

1989 - 1990

EDAD x	PERSONAS $P_x^m$	NEGATIVOS $N_x^m$	PROPORCION $n_x^m$
1	80	79	0,987500
2	113	112	0,991150
3	108	106	0,981481
4	87	87	1,000000
5	104	103	0,990385
6	114	111	0,973684
7	146	138	0,945205
8	140	131	0,935714
9	131	120	0,916031
10	96	90	0,937500
11	61	52	0,852459
12	43	37	0,860465
Totales	1223	1166	

FUENTE: Datos provistos por la Dra. Amalia Segovia.

CUADRO Nº 2  
POBLACION DEL DEPARTAMENTO DE ANTA  
SEGUN CENSO 1991

EDAD x	POBLACION P <sub>xt</sub>	EDAD x	POBLACION P <sub>xt</sub>	EDAD x	POBLACION P <sub>xt</sub>
0	1173	34	480	68	110
1	1019	35	451	69	110
2	1144	36	457	70	110
3	1126	37	427	71	88
4	1249	38	454	72	90
5	1212	39	402	73	94
6	1182	40	454	74	74
7	1147	41	362	75	68
8	1132	42	397	76	76
9	1137	43	402	77	57
10	1095	44	297	78	77
11	1054	45	287	79	47
12	1023	46	324	80	55
13	971	47	304	81	39
14	957	48	330	82	33
15	817	49	279	83	31
16	860	50	252	84	34
17	777	51	250	85	38
18	675	52	263	86	28
19	568	53	275	87	16
20	581	54	275	88	10
21	538	55	252	89	9
22	601	56	231	90	5
23	552	57	223	91	7
24	564	58	232	92	6
25	565	59	216	93	9
26	540	60	243	94	5
27	501	61	194	95	2
28	518	62	198	96	0
29	505	63	212	97	1
30	592	64	199	98	1
31	460	65	162	99 ó más	7
32	506	66	122		
33	497	67	132		

FUENTE: Censo Nacional de Población y Vivienda, 1991. Datos suministrados por la Dirección de Estadísticas y Censo de la Provincia de Salta.

CUADRO Nº 3  
 STOCK DE SALVADOS DEL MAL DE CHAGAS  
 DEPARTAMENTO DE ANTA (SALTA)  
 (Cantidad de personas)

AÑOS t	SALVADOS S <sub>t</sub>	AÑOS t	SALVADOS S <sub>t</sub>	AÑOS t	SALVADOS S <sub>t</sub>
1984	0	2017	8463	2050	10637
1985	436	2018	8592	2051	10654
1986	861	2019	8716	2052	10670
1987	1273	2020	8836	2053	10685
1988	1673	2021	8950	2054	10698
1989	2057	2022	9059	2055	10710
1990	2427	2023	9163	2056	10721
1991	2783	2024	9263	2057	10731
1992	3124	2025	9357	2058	10740
1993	3452	2026	9447	2059	10748
1994	3766	2027	9533	2060	10755
1995	4067	2028	9615	2061	10761
1996	4355	2029	9693	2062	10766
1997	4630	2030	9768	2063	10771
1998	4893	2031	9839	2064	10775
1999	5145	2032	9907	2065	10779
2000	5387	2033	9972	2066	10782
2001	5553	2034	10033	2067	10784
2002	5842	2035	10092	2068	10786
2003	6057	2036	10148	2069	10788
2004	6267	2037	10200	2070	10789
2005	6470	2038	10250	2071	10790
2006	6667	2039	10297	2072	10791
2007	6860	2040	10341	2073	10792
2008	7047	2041	10382	2074	10792
2009	7227	2042	10420	2075	10792
2010	7401	2043	10456	2076	10793
2011	7569	2044	10490	2077	10793
2012	7732	2045	10520	2078	10793
2013	7890	2046	10548	2079	10793
2014	8042	2047	10574	2080	10794
2015	8188	2048	10597	2081	10794
2016	8328	2049	10618	2082	10794

NOTA: Desde el año 2080 en adelante el stock es siempre igual a 10794.

FUENTE: Elaboración propia, en base a los datos contenidos en los Cuadros Nº 1 y 2 de este Apéndice, empleando la metodología expuesta en el texto.

## BIBLIOGRAFIA

1. DEL REY, Eusebio Cleto: "Cálculo del Stock de Salvados del Mal de Chagas", Reunión de Discusión N° 77, Instituto de Investigaciones Económicas (I. I. E.), Facultad de Ciencias Económicas, Jurídicas y Sociales (F. C. E. J. y S.), Universidad Nacional de Salta (U. N. Sa.), 1º/12/1993.
2. DEL REY, Eusebio Cleto: "Mal de Chagas: Estimación de las Tasas de Infección", Reunión de Discusión N° 79, I. I. E., F. C. E. J. y S., U. N. Sa., 13/4/1994.
3. DEL REY, Eusebio Cleto y BASOMBRIÓ, Miguel Angel: "Análisis de Costos y Beneficios de la Prevención del Mal de Chagas - Metodología", A. A. E. P.: Anales: XXVI Reunión Anual, Santiago del Estero, 1991, Tomo I, pág. 339/67.
4. DEL REY, Eusebio Cleto y BASOMBRIÓ, Miguel Angel: "Costos y Beneficios de la Prevención del Mal de Chagas. Una Aproximación Metodológica", Estudios, Año XV, N° 61, Enero/Marzo 1992, pág. 3/12.
5. DEL REY, E. C., BASOMBRIÓ, M. A. y ROJAS, C. L.: "La Rentabilidad de la Prevención del Mal de Chagas", A. A. E. P.: Anales: XXIX Reunión Anual, La Plata, 1994, enviado para publicación.
6. DEL REY, E. C., BASOMBRIÓ, M. A., ROJAS, C. L. y FAINGUERSCH, D. P.: "Costos de los Tratamientos del Mal de Chagas", A. A. E. P.: Anales: XXVIII Reunión Anual, Tucumán, 1993, Tomo II, pág. 455/78.
7. GÜRTLER, R. E., KRAVETZ, F. O., PETERSEN, R. M., LAURICELLA, M.A. and WISNIVERSKY-COLLI, C.: "The Prevalence of Trypanosoma cruzi and the demography of dogs populations after insecticidal spraying of houses: a predictive model", Annals of Tropical Medicine and Parasitology, Vol. 84, N° 4, 1990, pag. 313/23.