

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
Facultad de Ciencias Económicas,
Jurídicas y Sociales
Instituto de Investigaciones Económicas

Reunión de Discusión N° 77

Fecha: 1º/12/1993

Hs.: 16

Cálculo del Stock de Salvados del Mal de Chagas¹

EUSEBIO CLETO del REY

1. Introducción

Mediante un muestreo a realizarse en el Departamento de Anta, Provincia de Salta, posiblemente en Abril de 1994, determinaremos, por análisis serológico, la cantidad de infectados con mal de Chagas. Tales datos, así como los respectivos tamaños de muestra, serán clasificados por edad de las personas observadas.

Podemos prever que el muestreo será realizado en escuelas y

1. This investigation received financial support from the UNDP/World Bank/WHO Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (TDR).

colegios secundarios, debido a que ello facilita enormemente la tarea. Esto nos lleva a suponer que las edades comprendidas en la muestra serán las que van desde los 6 hasta los 18 años¹, razón por la cual los desarrollos siguientes serán llevados a cabo dentro de esos límites.

Por otra parte, esperamos que los datos estén clasificados por "área operativa". Tal clasificación nos servirá para saber en qué momento, durante 1983 y 1984, se realizó el rociado de ataque en el lugar de residencia habitual de cada grupo observado. Conociendo el momento del ataque, podemos saber la cantidad de años transcurridos desde entonces hasta la fecha de nuestra observación (Abril de 1994), que puede ser de 9, 10 u 11, por redondeo a años enteros, según cual sea ese momento. En el desarrollo siguiente tomaremos 10 años, para fijar ideas.

Nuestro problema consiste en estimar dos tasas de infección, a partir de esos datos: a) La tasa de infección anual correspondiente a la población considerada, si esta se encuentra protegida por el rociado de las viviendas, tendiente a controlar el vector; b) La tasa de infección anual correspondiente a la población considerada, si ella no está protegida por el rociado antes mencionado.

El modelo que nos permite realizar la estimación se basa en la siguiente presunción (en cuyo enunciado empleamos la simbología de la Sec. 2 de este trabajo): Dada una población P_e , originariamente (para $e = 0$) no infectada con Chagas, suponemos que

1. Posiblemente sean incluidos, además, algunos mayores de 18 años que aún son estudiantes, pero no podemos esperar que lleguen a conformar una muestra de un tamaño aceptable, en cada edad y área operativa.

ella se infecta con ese mal a una tasa anual i_n (si no está protegida por rociado) o i (si lo está), aplicables en forma continua ("capitalización" continua).

Aplicando cada una de las mencionadas tasas a la población no infectada de cada edad¹, al momento de realizarse el ataque, encontraremos el número estimado de no infectados con Chagas que corresponde a cada edad de la población protegida, y el que corresponde a esa misma edad y esa misma población sin protección, y repetiremos este proceso para cada año, a partir del momento del ataque. Obtendremos así el número de no infectados con y sin protección, para cada año y cada edad, y por diferencia calcularemos el stock anual de salvados del mal de Chagas de cada año. Por sumatoria sobre las edades calcularemos entonces el stock total de salvados de cada año.

2. Simbología

En las secciones siguientes emplearemos la simbología que se define a continuación:

e	edad en años cumplidos
P_e^M	número de personas comprendidas en la muestra, que tiene e años de edad
N_e^M	número de no infectados con Chagas, de edad e , comprendidos en la muestra

1. Obtenida en base a datos censales de 1991.

$n_e = \frac{N_e^m}{P_e^m}$ proporción de no infectados con Chagas, de e años de edad, comprendidos en la muestra

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

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

n_p media geométrica de los n_e .

$\bar{e} = \frac{\sum_{e=6}^{10} e}{5}$ edad promedio de la muestra protegida

$\bar{e}^* = \frac{\sum_{e=11}^{18} e}{8}$ edad promedio de la muestra parcialmente protegida

N_e^p número de no infectados con Chagas, de edad e , existente en la población, según nuestros cálculos, cuando ella está protegida por rociado

P_e población de edad e , del Departamento de Anta

N_e^n número de no infectados con Chagas, de edad e , que hubieran existido en la población si esta no hubiera sido protegida

S_e stock de salvados del mal de Chagas, de edad e

N_e^{83} número de no infectados con Chagas, de edad e , que

hay en el momento del rociado de ataque, o sea en 1983

t año para el que se realizan los cálculos

S_t stock total de salvados del mal de Chagas, correspondiente al año t

Ω máxima edad con observaciones en la población

3. Tasa Anual de Infección de Personas Protegidas del Mal

Para estimar esta tasa, debemos trabajar con datos referentes a personas (incluidas en la muestra) cuya edad sea menor al tiempo transcurrido desde el momento en el que se realizó la fase de ataque en su lugar de residencia hasta Abril de 1994. Tales personas estuvieron toda su vida protegidas por el rociado.

Por lo tanto, emplearemos los datos que corresponden a $e = 6, 7, \dots, 10$ (suponiendo, como ya dijimos, que el ataque se efectuó hace 10 años).

La muestra de P_e^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_e^m de sus miembros sin infectar. Entonces tendremos:

$$N_e^m = P_e^m e^{-ei}$$

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

$$n_e = e^{-ei} \quad (1)$$

Definimos la media geométrica, en este caso, como:

$$n_p = \left[\frac{10}{\pi} \sum_{e=6} n_e \right]^{(1/5)} \quad (2)$$

Empleando la media geométrica de la ecuación (2), y la ecuación (1), obtenemos:

$$n_p = \left[\frac{10}{\pi} e^{-ei} \right]^{(1/5)}$$

De donde:

$$n_p = \left[e^{-i \left(\frac{10}{\pi} \sum_{e=6} e \right)} \right]^{(1/5)}$$

y

$$\ln n_p = \frac{-i \left[\frac{10}{\pi} \sum_{e=6} e \right]}{5}$$

$$\ln n_p = -i \bar{e}$$

Finalmente resulta:

$$i = \frac{-\ln n_p}{\bar{e}} = \frac{-\ln n_p}{8}$$

4. 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 $e = 11$ a 18 . Emplearemos también la tasa i calculada en la sección anterior.

La gente de edad $e > 10$, incluida en la muestra, a la que suponemos originariamente no infectada con Chagas: P_e^m , se irá infectando, hasta el momento del rociado, 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_e^m de sus miembros sin infectar, número que será:

$$N_e^m = P_e^m e^{-(e-10)i_n} e^{-10i} \quad (3)$$

Redefiniendo la media geométrica de la ecuación (2), tendremos:

$$n_p^i = \left[\prod_{e=11}^{18} n_e \right]^{1/8} \quad (4)$$

De (3) y (4) obtenemos:

$$n_p^i = e^{-10i} \left[\prod_{e=11}^{18} e^{-(e-10)i_n} \right]^{1/8}$$

Tomando logaritmos:

$$\ln n_p^i = -10i - (\bar{e}^* - 10) i_n$$

De donde resulta:

$$i_n = \frac{-\ln n_p^i - 10 i}{\bar{e}^* - 10}$$

5. Stock de Salvados del Mal de Chagas

Con la distribución por edades (con frecuencias absolutas) de la población de Anta, provenientes del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1991, y las tasas calculadas según se vió en las Sec. 3 y 4, estamos en condiciones de estimar el stock de salvados del Chagas. Para ello, conviene separar la población que nació antes del rociado de ataque de aquella que lo hizo después del mismo. Este último grupo es considerado en la Sec. 5.1, en tanto que el primero lo es en la Sec. 5.2.

5.1. Población Nacida después del Ataque

Esta población estuvo protegida por el rociado durante toda su vida, y por lo tanto gozó de los beneficios de la campaña a lo largo de toda ella. Esto nos permite calcular la cantidad de no infectados de edad e , que existen en el año considerado, estando bajo protección, del siguiente modo:

$$N_e^D = P_e e^{-ei}$$

También calculamos la cantidad de no infectados de esa edad, que existirían en el año considerado, suponiendo que no hubieran sido protegidos. Esto lo hacemos del siguiente modo:

$$N_e^n = P_e e^{-ei_n}$$

Calculamos luego por diferencia el número de personas de

edad e 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. Esto es:

$$S_e = N_e^p - N_e^n = P_e (e^{-ei} - e^{-ei_n})$$

5.2. Población Nacida antes del Ataque

En este caso, la población estuvo protegida durante los últimos diez años, pero desprotegida en todos los años anteriores. Necesitamos, por lo tanto, calcular primero la población de cada edad e libre del mal, existente en el momento en que tuvo lugar la fase de ataque, o sea, según nuestro supuesto, en 1983. A ese stock lo calculamos de la siguiente forma:

$$N_e^{83} = P_e e^{-(e-10)i_n}$$

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

$$N_e^p = N_e^{83} e^{-(t-1983)i}$$

Y

$$N_e^n = N_e^{83} e^{-(t-1983)i_n}$$

Luego, por diferencia, obtenemos el stock de salvados del mal de Chagas de edad e , correspondiente al año t :

$$S_e = N_e^p - N_e^n = N_e^{83} [e^{-(t-1983)i} - e^{-(t-1983)i_n}]$$

5.3. 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_e , obtenidos en las Sec. 5.1 y 5.2, para todas las edades. Esto es:

$$S_t = \sum_{e=1}^{\Omega} S_e$$

6. Un Caso Práctico

Contamos con información correspondiente al Area Operativa XIII del Departamento de Rivadavia, Provincia de Salta, referentes a la proporción de no infectados con Chagas para las edades entre 6 y 15 años¹. Esos datos fueron obtenidos en Septiembre de 1988. Teniendo en cuenta que la fase de ataque se realizó, en la mencionada área operativa, en Diciembre de 1981, vemos que estuvieron completamente protegidos los individuos que, a la fecha del muestreo, tenían 6 y 7 años de edad. El resto estuvo sólo parcialmente protegido. En el siguiente cuadro presentamos esos datos.

1. La información originaria, que nos fuera suministrada por la Dra. Amalia Segovia, a quién agradecemos por ello, tiene datos para casi todo el rango de edades posibles. Pero, para aquellos valores de e menores que 6 y mayores que 15, el número de personas observadas es menor a 30 para cada edad, por lo que no consideramos prudente incluir esa información.

PROPORCION DE NO INFECTADOS CON MAL DE CHAGAS
 AREA XIII - DEPARTAMENTO DE RIVADAVIA (SALTA)

EDAD	TAMAÑO MUESTRA	PROPORCION NEGATIVOS
e	P_e^m	n_e
6	48	0,9385
7	71	0,9444
8	81	0,9259
9	87	0,8851
10	70	0,7571
11	79	0,7975
12	55	0,7636
13	41	0,6829
14	32	0,7500
15	35	0,8286

FUENTE: Elaboración propia, en base a datos suministrados por la Dra. Amalia Segovia.

Para $e = 6$ y 7 , o sea para las edades totalmente protegidas, tenemos:

$$n_p = 0,94094368$$

$$\bar{e} = 6,5 \text{ años}$$

$$i = 0,0093649218$$

Para $e = 8$ a 15 , o sea para las edades parcialmente protegidas, tenemos:

$$n_p' = 0,7954994$$

$$\bar{e}^* = 11,5$$

$$i_n = 0,036273497$$

Esto nos muestra que sin protección por rociado contra el mal de Chagas la gente se infecta a una tasa anual del 36,27 por mil, mientras que cuando está protegida lo hace a una tasa del 9,36 por mil.

No disponemos de los datos censales de población, clasificados por edades, razón por la cual no estimamos S_e ni, en consecuencia, S_t .

7. Consideraciones Finales

En esta sección presentamos dudas, aclaraciones y tareas aun no realizadas.

1) En el desarrollo anterior hemos considerado algunos datos concretos (año en que fue realizado el ataque, momento del muestreo, edades de las personas protegidas y de las parcialmente protegidas, etc.) referentes a Anta, debido a que ello nos facilitó el razonamiento y creemos que puede facilitar la comprensión por parte del lector. Es necesario, sin embargo, proceder a generalizar las fórmulas, asignando símbolos a esos datos.

2) El método aquí propuesto para llegar al stock de salvados del mal de Chagas difiere del presentado en trabajos anteriores¹, debido a dos razones fundamentales: a) Cuando fueron escritos los trabajos metodológicos a los que nos referimos no sabíamos cómo obtendríamos los datos; b) En consecuencia, el presente método no

1. DEL REY, Eusebio Cleto y BASOMBRIÓ, Miguel Angel: "Análisis de Costos y Beneficios de La Prevención del Mal de Chagas - Metodología", Asociación Argentina de Economía Política: Anales: XXVI Reunión Anual, Santiago del Estero, 1991, Tomo I, Sec. 5.2, pág. 358/61. DEL REY, Eusebio Cleto y BASOMBRIÓ, Miguel Angel: "Costos y Beneficios de La Prevención del Mal de Chagas. Una Aproximación Metodológica", ESTUDIOS, Año XV, Nº 61, Enero/Marzo 1992, Sec. 5.2, pág. 8/9.

había sido desarrollado aun.

3) El cálculo de S_e y S_t se realiza en base a la población censal, que es un stock al final del período que abarca ese cálculo. Por ello creemos que no es pertinente realizar la corrección por riesgo de muerte propuesta en los trabajos metodológicos anteriores¹.

4) La población y su distribución por edades, a las que nos referimos en la Sec. 5 y en el punto 3) de esta sección, pueden ser las que corresponden al censo de 1991, supuestas constantes para todos los valores de t , o las correspondientes a la interpolación entre censos y a la proyección hacia el futuro. Es necesario estudiar los datos para saber si este último método (notablemente más costoso) se justifica.

5) Si suponemos que el $\ln n_e$ tiene distribución normal, nuestras estimaciones de i e i_n resultan insesgadas, pero N_e^D y N_e^n , que tienen en tal caso distribución lognormal, son estimadores sesgados. Es posible corregir ese sesgo, lo que es una tarea a encarar en el futuro.

6) En el ejemplo de la Sec. 6 hemos tomado la edad en años cumplidos al momento de tomar las muestras de sangre. Tenemos serias dudas respecto a que ello sea lo correcto, por lo que este resulta un asunto pendiente de resolución.

7) Otra duda, que aún persiste, es la referente a nuestra unidad muestral cuando trabajamos con n_e . Si esa unidad fuera la edad, necesitaríamos una mayor cantidad de edades observadas, para que nuestra muestra sea lo suficientemente grande para resul-

1. Véanse las referencias en la nota al pie inmediata anterior.

tar confiable. Si nuestra unidad fuera, por el contrario, cada año de exposición a la infestación por parte de una persona, los tamaños de muestra como los del ejemplo de la Sec. 6 serían suficientes.

8) ¿Está nuestro stock calculado al 30/6 de cada año, como debe ser, según sostenemos en los trabajos anteriores¹? Por el momento no tenemos respuesta a esta pregunta.

BIBLIOGRAFIA:

1. DEL REY, Eusebio Cleto y BASOMBRIIO, Miguel Angel: "Análisis de Costos y Beneficios de la Prevención del Mal de Chagas - Metodología", Asociación Argentina de Economía Política: Anales: XXVI Reunión Anual, Santiago del Estero, 1991, Tomo I, pág. 339/67.
2. DEL REY, Eusebio Cleto y BASOMBRIIO, Miguel Angel: "Costos y Beneficios de la Prevención del Mal de Chagas. Una Aproximación Metodológica", Estudios, Año XV, Nº 61, Enero/Marzo 1992, pág. 3/12.
3. 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, Nº 4, 1990, pag. 313/23.

1. Véanse referencias en la nota al pie de página 12.

Universidad Nacional de Salta
Facultad de Ciencias Económicas,
Jurídicas y Sociales
Instituto de Investigaciones Económicas
Buenos Aires 177
4400 Salta
Argentina

REUNIONES DE DISCUSION

<u>Nº</u>	<u>Fecha</u>	<u>Autor</u>	<u>Título</u>
68	30/ 9/92	Eduardo Antonelli	"Propuesta de Normalización de Simbologías Macroeconómicas - II"
69	14/10/92	Eusebio Cleto del Rey y Carlos Luis Rojas	"Estimación de los Costos de la Prevención del Mal de Chagas: Exterminio del Vector (Segunda Parte)"
70	28/10/92	Eduardo Antonelli	"Aspectos Microeconómicos de la Macroeconomía Keynesiana"
71	17/ 3/93	Eduardo Antonelli	"Una Modelización del Plan de Convertibilidad"
72	1º/ 7/93	Eusebio Cleto del Rey y Carlos Luis Rojas	"Costos de los Tratamientos del Mal de Chagas"
73	1º/ 9/93	Eduardo Antonelli	"La Demanda Agregada"
74	8/ 9/93	Juan Carlos Cid	"Clasificación de Areas Geográficas de la Ciudad de Salta en Base a Resultados Censales"
75	6/10/93	Carlos Luis Rojas	"Distintos Enfoques en la Evaluación Económica de Proyectos"
76	24/11/93	Eduardo Antonelli	"Equilibrio y Brechas Económicas"
77	1º/12/93	Eusebio Cleto del Rey	"Cálculo del Stock de Salvados del Mal de Chagas"