

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

Reunión de Discusión N° 125

Fecha: 26/05/1999

Hs.: 16

MAL DE CHAGAS: BENEFICIOS BRUTOS DE LA PREVENCIÓN MEDIANTE VACUNACIÓN

Eusebio Cleto del Rey

1. Nuestro Problema

Necesitamos conocer los beneficios brutos de la prevención del mal de Chagas mediante vacunación, a fin de calcular los correspondientes indicadores de rentabilidad (tasa interna de rendimientos y valor actual neto). Para ello debemos antes conocer el stock de personas salvadas de infectarse con el parásito, que hubiera existido cada año en el área geográfica bajo estudio si en ella se hubiera vacunado, para multiplicarlo luego por el beneficio promedio por infectado evitado y por año.

La gran dificultad que se nos presenta es que no tenemos datos provenientes de ninguna experiencia de vacunación humana contra esta enfermedad, lo que nos obliga a recurrir a cálculos indirectos para determinar el stock mencionado.

Tales cálculos los realizamos para el Departamento de Anta, Provincia de Salta, a fin de poder comparar sus resultados con los obtenidos en trabajos correspondientes a la misma área geográfica, que consideran el caso de la prevención por control del vector (DEL REY et al., 1995b; BASOMBRÍO et al., 1998).

En la Sec. 2 presentamos los resultados de la vacunación de perros, y en la Sec. 3 proponemos un método para determinar las tasas de infectación que necesitamos para encontrar la cantidad de personas protegidas (Sec. 4). En la Sec. 5 reflexionamos acerca de las propiedades de los estimadores. Los beneficios brutos son considerados en la Sec. 6. En la Sec. 7 hacemos algunas reflexiones finales.

2. Resultados obtenidos por el LAPE

El Laboratorio de Patología Experimental (LAPE), de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Nacional de Salta (UNSa) realizó el siguiente experimento con dos grupos aproximadamente iguales (en cuanto a número de animales) de perros, en los Departamentos Pellegrini y Copos, Santiago del Estero (BASOMBRÍO et al., 1993):

- a) Un grupo fue vacunado contra la enfermedad de Chagas, y, al cabo de 14 meses, resultaron infectados 9, de un total de 73 perros aún bajo observación.
- b) Otro grupo, de control, no fue vacunado, observándose que, al cabo de 14 meses, se infectaron 20 de un total de 75 animales.

Además, los perros vacunados y que se infectaron sufrieron una enfermedad más leve, lo que hace suponer que el costo de su atención y/o cura sería menor que en el caso de los no vacunados.

El LAPE no pudo obtener una relación empírica entre la cantidad de perros vacunados y la cantidad de seres humanos protegidos por la disminución de la infección en los reservorios.

3. Determinación de las Tasas de Infectación en el Caso de Vacunación

Empleando, mutatis mutandis, la ecuación (5) del modelo presentado en DEL REY y ÁVILA BLAS (1994) o en DEL REY et al. (1995a), planteamos la siguiente, aplicada a los dos grupos de perros mencionados en Sec. 2:

$$\hat{N}_j = \hat{P}_j e^{-x i_j + u_j} \quad (1)$$

Donde: $j = v, nv$ identifica el grupo al que corresponden los datos: v indica "vacunados"; nv indica "no vacunados".

\hat{P}_j es el número de animales observados del grupo j .

\hat{N}_j es la cantidad de no infectados, luego de 14 meses, del grupo j .

x es el tiempo transcurrido desde el comienzo del experimento (es el equivalente a la edad, en los modelos arriba mencionados), que, para 14 meses resulta igual a 1,1666667 años.

i_j es la tasa de infectación (parámetro a estimar), a capitalización continua, correspondiente al grupo j .
 e es la base de los logaritmos neperianos.
 u_j es una variable aleatoria.

Esto también puede ser escrito:

$$\hat{n}_j = e^{-x i_j + u_j} \quad (2)$$

Donde: $\hat{n}_j = \frac{\hat{N}_j}{\hat{P}_j}$

Podemos despejar la tasa del siguiente modo:

$$i_j = \frac{-\ln \hat{n}_j + u_j}{x} \quad (3)$$

Donde: \ln simboliza logaritmo neperiano.

Estimamos i_j del siguiente modo:

$$\hat{i}_j = -\frac{\ln \hat{n}_j}{x} \quad (4)$$

O, si se prefiere:

$$\hat{i}_j = \frac{\ln \hat{P}_j - \ln \hat{N}_j}{x} \quad (5)$$

Entonces, para los datos presentados en la Sec. 2, tendremos: a) Grupo de los vacunados:

$$\hat{i}_v = \frac{\ln 73 - \ln 64}{1,1666667} = 0,1127797$$

b) Grupo de control (no vacunados):

$$\hat{i}_{nv} = \frac{\ln 75 - \ln 55}{1,1666667} = 0,265847$$

Por vacunación, la tasa fue reducida de 0,265847 a 0,1127797, lo que permite calcular:

$$\hat{k} = \frac{\hat{i}_v}{\hat{i}_{nv}} = \frac{0,1127797}{0,265847} = 0,4242278$$

Donde: \hat{k} indica la proporción entre las tasas de infectación estimadas de vacunados y no vacunados.

En el caso de Anta, cuando estudiamos el control por rociado (DEL REY y ÁVILA BLAS, 1994 y en DEL REY et al., 1995a), obtuvimos una tasa de infectación para los no protegidos de

$$\hat{i}_n = 0,021610851$$

que es de naturaleza similar a la de \hat{i}_{nv} (correspondiente al caso de los perros de Santiago del Estero).

Podemos suponer que los resultados empíricos obtenidos para el caso de los perros (Sec. 2) hubieran sido similares, en el caso en que se hubiera vacunado a la población humana. Bajo tal supuesto podemos decir que si en Anta se hubiera vacunado a la gente, en lugar de rociar, los protegidos se hubieran infectado a una tasa anual de:

$$\hat{i}_{pv} = \hat{k} \hat{i}_n = (0,4242278) 0,021610851 = 0,0091679021$$

Donde: \hat{i}_{pv} es la tasa de infectación de los protegidos por vacunación, bajo los supuestos del párrafo anterior.

4. Cantidad de Personas Protegidas por Vacunación

Podemos aplicar las dos últimas tasas de la Sec. 3 a las fórmulas para el cálculo del stock de personas salvadas del mal de Chagas de DEL REY y AVILA BLAS (1994) o de DEL REY et al. (1995a), para obtener ese stock en el caso de vacunación. Para ello supongamos que ésta se produce en el momento en que se realizó la fase de ataque con rociado en Anta, y aplicamos la siguientes fórmulas:

Para el caso de las personas nacidas después de la vacunación:

$$\hat{S}_{xt} = P_{xt} (e^{-x\hat{i}_v} - e^{-x\hat{i}_m}) \quad (6)$$

Donde: \hat{S}_{xt} es el estimador del stock de salvados del mal de Chagas, de edad x , al 30/6 del año t .

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

t es el año para el que se realizan los cálculos.

x es la edad en años cumplidos.

Para el de las personas nacidas antes de la vacunación:

$$\hat{S}_{xt} = P_{xt} e^{-(x-t+\tau)\hat{i}_{nv}} [e^{-(t-\tau)\hat{i}_v} - e^{-(t-\tau)\hat{i}_{nv}}] \quad (7)$$

Donde: τ es el año en el que se realizó la vacunación.

En las ecuaciones (6) y (7) podemos emplear:

$$\begin{aligned} \hat{i}_{nv} &= \hat{i}_n = 0,021610851 \\ \hat{i}_v &= \hat{i}_{pv} = 0,0091679021 \end{aligned}$$

para obtener \hat{S}_{xt} .

El stock de salvados de infectarse con Tripanosoma cruzi, correspondiente al año t , es:

$$\hat{S}_t = \sum_{x=1}^{\Omega} \hat{S}_{xt} \quad (8)$$

Donde: \hat{S}_t es el estimador del stock de salvados del mal de Chagas, al 30/6 del año t

Ω es la máxima edad con observaciones en la población.

5. Calidad de las Estimaciones

Es necesario puntualizar que los cálculos propuestos en las secciones anteriores deben ser considerados como un mero ejercicio, en lugar de aceptarlos como estimaciones serias. Ello se debe a que, para obtenerlas, nos vimos en la necesidad de realizar sucesivas operaciones (toma de logaritmos, división, etc.) con varios estimadores, lo cual dificulta el estudio de las características de los estimadores resultantes y, por lo tanto, los hace poco confiables.

Se justifica la realización de este ejercicio sólo por el hecho de que no conocemos ninguna experiencia de vacunación humana contra el mal de Chagas que nos permita hacer observaciones directas, y con ellas estimaciones más confiables (en el sentido de conocer las características de los estimadores empleados).

6. Cálculo de los Beneficios Brutos

Una vez calculado \hat{S}_i , según la ecuación (8) y con las tasas de infectación propuestas en la Sec. 4 (ver: Anexo Estadístico, Tabla N° 1), procedemos a calcular los beneficios brutos de la vacunación multiplicando ese stock de salvados por los que corresponden a cada uno de ellos. A tal fin se pueden utilizar los beneficios promedios por salvado que se encuentran en la pág. 34 de DEL REY, et al. (1995a), sin perjuicio de que se realice luego el pertinente análisis de sensibilidad. Los resultados obtenidos son los que se presentan en pesos de 1992 en la Tabla N° 2, y en dólares de 1992 en la Tabla N° 3, ambas del Anexo Estadístico.

Los beneficios brutos de las mencionadas tablas necesitan dos correcciones, una que tiende a disminuirlos y otra que tiende a aumentarlos, las que se indican en los párrafos siguientes.

Nuestro cálculo de \hat{S}_i se llevó a cabo bajo el supuesto de que es vacunada toda la población de Anta, pero, según una comunicación personal del Dr. Basombrió, es prudente suponer que un 20 % de la población no será cubierta por la vacunación. Por lo tanto, \hat{S}_i de la ecuación (8) debe ser multiplicado por 0,80, a fin de tomar en cuenta esta circunstancia.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que, como se dijo en la Sec. 2, los perros vacunados que se infectaron sufrieron una enfermedad más leve que los otros. Esto indica que es necesario sumar los costos evitados por esta razón a aquellos consignados en la tabla, para obtener los beneficios brutos totales. Debemos idear un método para calcular esos costos.

7. Reflexiones Finales

Presentamos aquí algunos puntos importantes a tener en cuenta, en relación con el método propuesto. Los tres primeros ya fueron mencionados en las secciones anteriores, en tanto que los restantes se refieren a otros aspectos del asunto.

1) Como ya dijimos, recurrimos a la experiencia realizada con perros, por el LAPE, por no disponer de datos referentes a vacunación de seres humanos. Ello nos lleva a emplear el método que exponemos en este trabajo.

2) El método presentado consiste en la realización de cálculos muy indirectos, hechos sobre estimaciones realizadas con muestras diversas. Esto último conduce a que las características de los estimadores sean desconocidas.

3) Los resultados obtenidos no toman en cuenta: a) Que la vacunación no cubriría el total de la población, sino sólo un 80 % de ella; b) Que los vacunados que se infectan sufren consecuencias más leves que los que corresponden a los

no vacunados. Es necesario corregir nuestras tablas por estos dos efectos, lo que resulta sencillo en el caso a), pero no en el b), pues aún desconocemos qué método podemos aplicar para hacerlo.

4) En el experimento del LAPE en el que basamos nuestros cálculos se usó una vacuna a parásitos vivos, consistente en 10^7 epimastigotes atenuados de Trypanosoma cruzi. Nuestros resultados corresponden, por lo tanto, a ese tipo de vacunas.

5) En una comunicación personal, el Dr. Basombrio propone considerar, además del mencionado en el punto 4), uno de los dos tipos de vacuna siguientes: a) Vacuna recombinante de varios antígenos producida por biotecnología, similar a la de Hepatitis B; b) Vacuna a virus vivo recombinante tipo Rubeola/Sarampión de Sidus. La gran pregunta que tal propuesta plantea es: ¿Cómo calcularemos el stock de salvados de la enfermedad por medio de tales vacunas, si no tenemos siquiera una experiencia sobre animales?

Referencias:

- BASOMBRÍO, M. A., SCHOFIELD, C. J., ROJAS, C. L. and DEL REY, E. C. (1998). "A Cost-Benefit Analysis of Chagas Disease Control in Northwestern Argentina", Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, Vol. 92, pág. 137 a 143.
- BASOMBRÍO, M. A., SEGURA, M. A., MORA, M. C. and GOMEZ, L. (1993): "Field Trial of Vaccination against American Trypanosomiasis (Chagas' Disease) in Dogs", The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, Vol. 49, N° 1, July, pág. 143 a 151.
- DEL REY, Eusebio Cleto y ÁVILA BLAS, Orlando José (1994): "Cantidad de Personas Salvadas del Mal de Chagas", A. A. E. P.: Anales XXIX Reunión Anual, La Plata, Tomo 3, pág. 543 a 567.
- DEL REY, E. C., BASOMBRÍO, M. A. y ROJAS, C. L. (1995a): "Beneficios Brutos de la Prevención del Mal de Chagas", Castañares (Cuadernos del I. I. E.), Año III, N° 4, Salta, Mayo.
- DEL REY, E. C., BASOMBRÍO, M. A. y ROJAS, C. L. (1995b). "La Prevención del Mal de Chagas: Rendimiento Económico", Castañares (Cuadernos del I. I. E.), Año III, N° 6, Salta, Diciembre.

Anexo Estadístico

TABLA N° 1

STOCK DE SALVADOS DEL MAL DE CHAGAS MEDIANTE VACUNACIÓN
DEPARTAMENTO DE ANTA (PROVINCIA DE SALTA)
(Cantidad de personas)

Años	Salvados	Años	Salvados	Años	Salvados
t	\hat{S}_t	t	\hat{S}_t	t	\hat{S}_t
1984	0	2017	5456	2050	6632
1985	301	2018	5530	2051	6640
1986	593	2019	5601	2052	6648
1987	874	2020	5669	2053	6655
1988	1146	2021	5734	2054	6661
1989	1405	2022	5795	2055	6667
1990	1654	2023	5854	2056	6672
1991	1891	2024	5909	2057	6677
1992	2119	2025	5961	2058	6681
1993	2335	2026	6011	2059	6684
1994	2542	2027	6058	2060	6688
1995	2738	2028	6102	2061	6690
1996	2925	2029	6145	2062	6693
1997	3103	2030	6185	2063	6695
1998	3272	2031	6223	2064	6697
1999	3433	2032	6260	2065	6698
2000	3587	2033	6294	2066	6700
2001	3733	2034	6326	2067	6701
2002	3873	2035	6357	2068	6702
2003	4008	2036	6386	2069	6702
2004	4138	2037	6413	2070	6703
2005	4264	2038	6439	2071	6703
2006	4386	2039	6463	2072	6704
2007	4504	2040	6485	2073	6704
2008	4617	2041	6506	2074	6704
2009	4726	2042	6525	2075	6704
2010	4831	2043	6543	2076	6704
2011	4931	2044	6560	2077	6705
2012	5028	2045	6575	2078	6705
2013	5122	2046	6589	2079	6705
2014	5211	2047	6602	2080	6705
2015	5296	2048	6613	2081	6705
2016	5378	2049	6623	2082	6705

NOTA: Desde el año 2077 en adelante el stock es siempre igual a 6705.

FUENTE: Elaboración propia, empleando la metodología expuesta en el texto.

TABLA Nº 2

BENEFICIOS BRUTOS TOTALES ANUALES DE LA PREVENCIÓN
DEL MAL DE CHAGAS MEDIANTE VACUNACIÓN

DEPARTAMENTO DE ANTA (PROVINCIA DE SALTA)

(En pesos de 1992)

Años	Beneficios	Años	Beneficios	Años	Beneficios
1983	0.0	2017	2138151.8	2051	2602149.6
1984	0.0	2018	2167151.7	2052	2605284.7
1985	64805.3	2019	2194975.9	2053	2608028.0
1986	127672.9	2020	2221624.4	2054	2610379.3
1987	188172.2	2021	2247097.3	2055	2612730.6
1988	246733.8	2022	2271002.6	2056	2614690.1
1989	302496.5	2023	2294124.1	2057	2616649.5
1990	356106.2	2024	2315678.0	2058	2618217.1
1991	407132.3	2025	2336056.3	2059	2619392.8
1992	456220.7	2026	2355650.8	2060	2620960.3
1993	502725.5	2027	2374069.6	2061	2621744.1
1994	547292.6	2028	2391312.8	2062	2622919.8
1995	637844.5	2029	2408164.1	2063	2623703.6
1996	733063.5	2030	2423839.7	2064	2624487.3
1997	832472.8	2031	2438731.5	2065	2624879.2
1998	935595.7	2032	2453231.4	2066	2625663.0
1999	1042258.8	2033	2466555.7	2067	2626054.9
2000	1152359.6	2034	2479096.1	2068	2626446.8
2001	1265188.4	2035	2491244.7	2069	2626446.8
2002	1381034.3	2036	2502609.5	2070	2626838.7
2003	1499953.9	2037	2513190.6	2071	2626838.7
2004	1621640.8	2038	2523379.7	2072	2627230.6
2005	1671019.0	2039	2532785.1	2073	2627230.6
2006	1718829.5	2040	2541406.7	2074	2627230.6
2007	1765072.6	2041	2549636.3	2075	2627230.6
2008	1809356.1	2042	2557082.3	2076	2627230.6
2009	1852072.1	2043	2564136.3	2077	2627622.5
2010	1893220.6	2044	2570798.4	2078	2627622.5
2011	1932409.6	2045	2576676.8	2079	2627622.5
2012	1970422.9	2046	2582163.2	2080	2627622.5
2013	2007260.6	2047	2587257.8	2081	2627622.5
2014	2042138.8	2048	2591568.6	2082	2627622.5
2015	2075449.4	2049	2595487.5	2083	2627622.5
2016	2107584.4	2050	2599014.5	2084	2627622.5

NOTA: Desde el año 2077 en adelante, el beneficio bruto es siempre igual a 2627622.5

FUENTE: Elaboración propia, según se explica en el texto.

TABLA N° 3

BENEFICIOS BRUTOS TOTALES ANUALES DE LA PREVENCIÓN DEL
MAL DE CHAGAS MEDIANTE VACUNACIÓN

DEPARTAMENTO DE ANTA (PROVINCIA DE SALTA)

(En dólares de 1992)

Años	Beneficios	Años	Beneficios	Años	Beneficios
1983	0.0	2017	2074043.8	2051	2524129.6
1984	0.0	2018	2102174.2	2052	2527170.7
1985	62860.8	2019	2129164.1	2053	2529831.7
1986	123842.1	2020	2155013.7	2054	2532112.5
1987	182526.2	2021	2179722.8	2055	2534393.4
1988	239330.6	2022	2202911.3	2056	2536294.1
1989	293420.2	2023	2225339.6	2057	2538194.8
1990	345421.4	2024	2246247.3	2058	2539715.3
1991	394916.4	2025	2266014.5	2059	2540855.8
1992	442532.0	2026	2285021.5	2060	2542376.3
1993	487641.4	2027	2302888.1	2061	2543136.6
1994	530871.3	2028	2319614.3	2062	2544277.0
1995	618705.7	2029	2335960.3	2063	2545037.3
1996	711067.5	2030	2351165.9	2064	2545797.6
1997	807493.7	2031	2365611.2	2065	2546177.7
1998	907521.9	2032	2379676.4	2066	2546938.0
1999	1010984.2	2033	2392601.2	2067	2547318.1
2000	1117780.9	2034	2404765.6	2068	2547698.3
2001	1227223.8	2035	2416550.0	2069	2547698.3
2002	1339593.2	2036	2427574.0	2070	2548078.4
2003	1454984.2	2037	2437837.8	2071	2548078.4
2004	1573019.3	2038	2447721.5	2072	2548458.6
2005	1620917.0	2039	2456844.8	2073	2548458.6
2006	1667294.0	2040	2465207.9	2074	2548458.6
2007	1712150.6	2041	2473190.8	2075	2548458.6
2008	1755106.4	2042	2480413.5	2076	2548458.6
2009	1796541.6	2043	2487256.0	2077	2548838.7
2010	1836456.3	2044	2493718.4	2078	2548838.7
2011	1874470.3	2045	2499420.5	2079	2548838.7
2012	1911343.9	2046	2504742.5	2080	2548838.7
2013	1947077.1	2047	2509684.3	2081	2548838.7
2014	1980909.5	2048	2513865.8	2082	2548838.7
2015	2013221.4	2049	2517667.2	2083	2548838.7
2016	2044392.9	2050	2521088.5	2084	2548838.7

NOTA: Desde el año 2077 en adelante, el beneficio bruto es siempre igual a 2548838.7.

FUENTE: Elaboración propia, según se explica en el texto.

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>
116	13/11/97	Lidia Rosa Elías de Dip	"Zonas Francas. El Caso Argentino: Una Primera Aproximación"
117	28/11/97	Pablo Luis Rodríguez	"Optimización de Recursos en una Red de Sistemas de Espera. Análisis de un Nodo"
118	29/12/97	Claudia Rosa Antacle de Paz	"Deserción Universitaria. Atributos Personales al Ingreso y Rendimiento Académico"
119	15/ 4/98	Eduardo Antonelli	"La Oferta Agregada Dinámica"
120	10/ 7/98	Vicente E. Rocha y Hugo H. Andías	Economía y Medio Ambiente"
121	15/ 7/98	Jorge A. Paz	"Brecha de Ingresos por Razones de Género. Comparación entre el Gran Buenos Aires y el Noroeste Argentino (1997)"
122	5/ 8/98	Eusebio Cleto del Rey	"Prevención de la Malaria: Miscelánea"
123	10/ 3/99	Eusebio Cleto del Rey	"Cálculo de los Beneficios por Caso Evitado de Malaria o Paludismo"
124	31/ 3/99	Jorge A. Paz	"La Distribución por Ocupaciones de Mujeres y Varones en el Gran Buenos Aires"
125	26/ 5/99	Eusebio Cleto del Rey	"Mal de Chagas: Beneficios Brutos de la Prevención Mediante Vacunación"