

134

01663
3
25.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ANALISIS BENEFICIO-COSTO DE LAS ACCIONES DE
CONTROL DE LA BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO
AGROPECUARIO INDUSTRIAL DE TIZAYUCA DE 1988 A 1993

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS: MEDICINA PREVENTIVA

PRESENTADA POR:

M.V.Z. JORGE FRANCISCO MONROY LOPEZ

DIRECTORES DE TESIS: M.V.Z. M.S.P. CARLOS JULIO JARAMILLO ARANGO
M.V.Z. ARTURO ALONSO PESADO



CIUDAD UNIVERSITARIA, D. F.

OCTUBRE DE

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1999



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	Pagina
<u>RESUMEN</u>	1
<u>INTRODUCCION</u>	2
col <u>MATERIAL Y METODOS</u>	7
<u>RESULTADOS</u>	8
? <u>DISCUSION</u>	9
<u>LITERATURA CITADA</u>	13
Ann <u>4 CUADROS</u>	17
" 2 <u>GRAFICOS</u>	25
" 3 <u>ANEXOS</u>	36

CUADROS

Número		PÁGINA
1.	Aumento en la producción láctea en litros y en pesos sin programa y con programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo, de 1988 a 1993.	17
2.	Aumento en la producción de becerros en cabezas y en pesos sin programa y con programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	18
3.	Aumento en la producción de becerros y leche en pesos sin programa y con programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	19
4.	Concepto de los costos con programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	20
5.	Diferencia de costos sin y con programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	21
6.	Variables económicas del programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	22
7.	Tasa interna de rentabilidad del programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	23
8.	Incidencia de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1977 a 1993.	24

GRÁFICOS

Número		PÁGINA
1.	Aumento en la producción láctea en litros y en pesos con programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	25
2.	Aumento en la producción de becerros en cabezas y en pesos con programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	26
3.	Aumento en la producción de leche y becerros en pesos con programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	27
4.	Concepto de los costos del programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	28
5.	Proporción de los costos por concepto, del programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	29
6.	Diferencia de costos con programa y sin programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	30
7.	Variables económicas del programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	31
8.	Relación beneficio/costo del programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	32
9.	Rentabilidad del programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1998 a 1993 contra rendimientos de cetes para el mismo periodo.	33
10.	Incidencia de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1977 a 1993.	34
11.	Incidencia de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993.	35

ANEXOS

Número		PÁGINA
1.	Programa de control de brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca, Hidalgo de 1988 a 1993	36
2.	Fórmulas utilizadas para el cálculo de los flujos, los valores actualizados, la relación beneficio/costo y la tasa interna de retorno	41

RESUMEN

Con el fin de evaluar los resultados sanitarios y la rentabilidad de las acciones de control de la brucelosis bovina en el Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca, se identificaron, cuantificaron y valoraron sus beneficios y costos estimados para el periodo de 1988 a 1993 y se compararon con los que se hubieran tenido de no haberse aplicado durante el mismo periodo. Con esta información se calcularon los flujos, los valores actualizados, la relación beneficio/costo y la tasa interna de retorno. Esta última fue comparada con la tasa de interés líder en ese periodo. La seropositividad de la enfermedad, de acuerdo con los informes presentados por la oficina de Servicios Preventivos del Complejo a la Secretaría de Agricultura sobre animales positivos y eliminados correspondientes al periodo, fue de cerca de 2 vacas por cada mil al año en promedio. La producción láctea aumentó en más de 11 millones de litros de leche y 1500 cabezas de becerros, lo que representó un beneficio total de más de 13 millones de pesos, mientras que los costos del programa rebasaron los 6 millones de pesos correspondiendo principalmente a pruebas diagnósticas (91%), vacunación (6%) y eliminación anticipada del ganado (3%). La rentabilidad se calculó en 4.46 a 1, lo que significa que por cada peso invertido al inicio del proyecto se obtuvieron más de 4 pesos al final del periodo. La tasa interna de retorno resultó del 43%, superior al 30% producida por los Certificados de la Tesorería de la Federación. Dados estos dos últimos criterios el programa resultó rentable desde el punto de vista financiero, mientras que, desde el punto de vista sanitario, se han mantenido bajos los casos de brucelosis bovina. El costo anual del programa por vaca fue de 53 pesos y menor a 1 centavo por litro de leche producida. Por lo que el costo relativo de las acciones de control es mínimo, comparado con otros beneficios, además de los económicos, que aunque en este estudio no fueron cuantificados, redundan en la salud humana y la mayor oferta de productos sanos a la población.

INTRODUCCION.

Al diseñar programas de salud animal, generalmente se argumenta como justificación de su aplicación, el mejoramiento del estado sanitario del hato o la solución de problemas de salud pública. Sin embargo, con el fin de aportar elementos tangibles y convincentes para el desarrollo de dichos programas, es conveniente mostrar que pueden ser autosuficientes en el sentido financiero o, mejor aún, rentables, sin que ello reste importancia a los factores meramente epidemiológicos, sino que complementa y refuerza aún más la necesidad de inversión en programas de medicina preventiva. Éste es el caso del Programa de Control de Brucelosis Bovina en el Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca (CAIT), el cual no ha sido aún evaluado desde el punto de vista financiero. El propósito del presente trabajo fue realizar esta evaluación y a la vez determinar si la seropositividad a la infección disminuyó durante el período de 1988 a 1993.

Uno de los métodos de análisis utilizado para la evaluación de programas sanitarios es el análisis financiero o análisis beneficio-costos, el cual es una técnica de evaluación económica que permite medir la rentabilidad de la aplicación de programas de salud y proporciona información útil para la toma de decisiones sobre el funcionamiento y desarrollo a futuro de las empresas pecuarias con relación a los programas de salud. (1, 2, 3).

Este análisis requiere del cálculo de los beneficios y los costos, su Valor Actual Neto (VAN), que es la diferencia entre los beneficios menos los costos después de actualizarse, y de la Relación Beneficio-Costo (RBC) (1, 2, 3), que es la razón del valor actual o presente de los beneficios sobre el valor actual o aparente de los costos. Un proyecto se considera viable si el VAN es positivo, es decir, mayor a 0, y la RBC resulta igual o mayor a 1 (1, 2). Y requiere también del cálculo de la Tasa Interna de Rentabilidad o Retorno (TIR), que es aquella tasa que, aplicada a la actualización de la inversión y de los ingresos netos - o sea las diferencias entre ingresos y gastos de cada período de la vida útil del proyecto - iguala a los valores

actualizados. (4) Mediante la comparación de la TIR de un proyecto con la tasa de interés más favorable para el periodo en estudio, se determina su rentabilidad.

La brucelosis bovina es una zoonosis causada por *Brucella abortus*. Provoca aborto a las vacas, disminución de la producción láctea e infertilidad. Se transmite al hombre por contacto con secreciones de los animales infectados y por consumo de leche y productos lácteos no pasteurizados. (5, 6, 7, 8)

Se considera a la brucelosis como una de las zoonosis más importantes del país desde el punto de vista de su magnitud, ya que de acuerdo a cifras oficiales, en el periodo de estudio se presentó un promedio anual de 5747 casos humanos notificados. (7)

Desde 1942 Ruiz-Castañeda y Tovar, sugirieron que 5 de los 150 casos de brucelosis humana causada por *B. abortus*, podrían tener su origen a partir del consumo de leche cruda y productos lácteos sin pasteurizar. (9) Casi 50 años después, Luna-Martínez y colaboradores estudian la brucelosis en hatos lecheros en una zona conurbada a la ciudad de México y sugieren también un aumento en la incidencia en la población considerada tradicionalmente de bajo riesgo a través del consumo de productos contaminados. (10)

Entre las pérdidas directas ocasionadas por la enfermedad se encuentran la disminución en la producción de becerros por los abortos y la disminución en la producción láctea. Dentro de las pérdidas indirectas se consideran las pérdidas del valor genético de los animales eliminados, daños a la salud pública incluyendo gastos médicos y hospitalarios, ausentismo laboral, invalidez y muerte, gastos por manejo de hatos infectados y daños a otras especies a las que se transmite la enfermedad además de limitaciones comerciales de los productos de los hatos infectados. (11, 12)

En 1992, la producción nacional de leche fresca fue de 7,000 millones de litros aproximadamente, de los que, según cifras oficiales, sólo el 20% fue pasteurizado, el 40% se

destinó a la industria de derivados y el consumo de leche bronca alcanzó el 40% restante. (6, 7, 8)

Esta enfermedad es causante de pérdidas que en México se han calculado en 50 millones de pesos al año. (11) Se estima que la brucelosis es responsable de disminución de la producción de hasta el 20% de leche en el ganado infectado. La prevalencia en el ganado lechero se ha calculado hasta del 20%, sin que haya sido posible aún precisar el porcentaje de infectados. (6, 7, 8, 13)

La prevención de la brucelosis bovina en el CAIT, en el período en estudio, se realizaba por medio de la vacuna elaborada con *B. abortus*, cepa 19, en dosis reducida (3×10^9) desarrollada por Nicoletti. (14) La ventaja de esta herramienta es que la presencia de anticuerpos posvacunales no representa un problema para el diagnóstico pues éstos aparecen pocos meses después de la vacunación. En cuanto al diagnóstico, se menciona que las de rivanol y fijación del complemento son las mejores técnicas para clasificar seroaglutininas en animales vacunados, reduciendo en más del 80% la aparición de animales reactivos. La vacunación no produce abortos o infecciones vacunales en niveles considerables. (14)

El CAIT fue creado en 1976, a través del Fideicomiso "Fondo del Programa de Descentralización de las Explotaciones Lecheras del Distrito Federal" (PRODEL), filial del Banco Nacional de Crédito Rural (BANRURAL) y financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (12,15), con el objetivo de descentralizar las unidades productivas lecheras de la capital del país para resolver problemas de salud pública, así como las dificultades que, en aquel entonces, ocasionaban los establos, tales como la evasión de las reglamentaciones sanitarias, fiscales, laborales y de comercio. El CAIT se encuentra localizado en el sur del estado de Hidalgo, en el Municipio de Tizayuca, coordenada $19^{\circ} 51' 25''$ latitud norte y $98^{\circ} 59' 8''$ longitud oeste, con un clima BS1kw (según la clasificación de Köpen modificada por Enriqueta García, tipo semiseco templado con lluvias en verano), una precipitación pluvial

anual de 642.9 mm y una temperatura media anual de 16.3° C. (16) Durante el periodo en estudio tenía una población aproximada de 19,826 cabezas de ganado en 120 establos, con una meta de medio millón de litros diarios de leche * (12,15).

Desde 1977, con apenas 51 establos en operación y una población promedio de 8,642 animales, comenzaron a aparecer casos de brucelosis con una frecuencia inicial de 0.8 casos por cada mil vacas al año. Para 1980 la tasa por mil vacas al año había subido a 34, siendo éste el valor más alto registrado en la cuenca en toda su historia. *

Ante esta problemática se decidió, desde 1979, aplicar un programa de control de la enfermedad similar al que se describe en el anexo 1, con el cual se logró disminuir la frecuencia de la seropositividad a la enfermedad, sin que, hasta hoy, se hayan evaluado sus resultados.

JUSTIFICACION

Es necesario determinar la frecuencia de la brucelosis bovina en el CAIT para evaluar la rentabilidad de las acciones de control aplicadas y, con bases financieras, apoyar la toma de decisiones.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Son rentables las acciones de control de brucelosis en el CAIT?

¿Las acciones de control de brucelosis han disminuido la seropositividad a la infección?

¿En qué medida?

OBJETIVOS

Establecer la rentabilidad de las acciones de control de la brucelosis bovina en el CAIT de 1988 a 1993, mediante el análisis beneficio-costo.

* Comunicación personal del MVZ. José Trejo Salomón, Director de la Oficina de Servicios Preventivos Veterinarios del CAIT en 1993.

Medir los resultados del programa a través de la disminución de la seropositividad de la brucelosis en el CAIT de 1988 a 1993.

TIPO DE ESTUDIO

Observacional, retrospectivo, longitudinal y descriptivo. (17)

MATERIAL Y METODOS

El estudio se desarrolló a partir de los archivos de la oficina de Servicios Preventivos Veterinarios del CAIT (SEPREVETI), el censo ganadero y la información presentada a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), (hoy Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, SAGAR) sobre animales positivos y eliminados por brucelosis, correspondientes al periodo de 1988 a 1993.

Se utilizó la metodología de evaluación financiera propuesta por Trueta y Lecumberi (18), la cual consiste en identificar los beneficios y los costos ocasionados por el programa de control y compararlos con los beneficios y los costos que se tendrían sin la existencia del programa. La información de costos y beneficios se calculó para el año de 1993 y se asumió que en términos relativos, es decir, al compararse entre sí, no había habido cambios a lo largo del periodo de estudio. La tasa contra la que se comparó la TIR fue la de interés generada por los Certificados de Tesorería de la Federación (CETES), que para ese periodo fue la tasa líder. La metodología de evaluación financiera requiere de la descripción del programa a analizar (19), la identificación de los beneficios que produce y sus costos, su cuantificación y los criterios de evaluación utilizados (Anexo 1).

Se identificaron, cuantificaron y valoraron los beneficios y los costos del programa y se procedió a la proyección de los mismos. Con esta información se calcularon los flujos, los valores actualizados, la relación beneficio/costo y la tasa interna de retorno (Anexo 2).

Comparación con programa y sin programa

Con el fin de realizar la evaluación sin programa, los resultados de las variables financieras, productivas y sanitarias fueron ajustados a los obtenidos de acuerdo a los indicadores de impacto por la enfermedad encontrados en un hato del CAIT en 1993 (20,21). Posteriormente se realizaron las comparaciones de costos y beneficios y las diferencias fueron sujeto de los análisis financieros respectivos.

RESULTADOS

Los resultados se muestran en los cuadros 1 al 8 y en las gráficas 1 a la 11.

La seropositividad de la enfermedad fue de 0.07 a 6.8 por mil por año con un promedio anual en el periodo de 2.2 casos por mil.

El aumento en la producción a consecuencia de la aplicación del programa fue de 11,203,017 litros de leche y 1520 cabezas de becerros adicionales, lo cual representó una diferencia de \$12,995,499.70 y \$228,000.00 respectivamente, para alcanzar un beneficio total de \$13,223,499.30.

Los costos del programa por las pruebas diagnósticas, la vacunación y la eliminación anticipada del ganado, fueron calculados en \$5,727,180.30 (91.59%), \$359,237.90 (5.74%) y \$166,486.68 (2.90%) respectivamente, para un total de \$6,252,904.94, que corresponde a la diferencia netamente atribuible al programa.

La RBC mostró rentabilidad de las acciones de control contra la brucelosis en todos los años, con una variación de 3.07 en 1990 a 8.55 en 1991 y un total para el periodo en estudio de 4.46.

El VAN del programa de control fue de \$10,264,748.76 y la TIR del 43%, superior al 30% producido por CETES durante el mismo periodo.

DISCUSION

Los resultados arrojados por el estudio mostraron que el programa de control de brucelosis bovina aplicado en el CAIT de 1988 a 1993 fue rentable y exitoso para mantener tan baja la incidencia de la enfermedad como al inicio del período. La cantidad de litros de leche y de cabezas de becerros producidos demostró que un programa de medicina preventiva repercute directamente sobre la productividad de una empresa pecuaria.

El 98% de los beneficios fueron debidos al aumento en la producción láctea y el resto al aumento en el número de becerros, ésto probablemente fue debido a que la producción de becerros tiene una importancia secundaria en el complejo. (22)

El 91% de los costos del programa fueron generados por el diagnóstico, ya que éste se aplica a la totalidad de animales del hato y a los de reciente ingreso, los restantes costos correspondieron al 6% por vacunación, que repercute en la disminución del número de animales susceptibles y al 3% por eliminación del ganado, que depende del número de animales confirmados positivos a brucelosis y es una de las formas de deshacerse del agente, ya que los reservorios naturales de la enfermedad son los propios animales.

Es importante observar que la mayor incidencia de casos se presentó en el último año evaluado (1993), lo cual podría interpretarse como un fracaso en la disminución de la incidencia de la enfermedad ocasionado probablemente por fallas en la aplicación de las medidas preventivas. Sin embargo, cabe resaltar que la población total no se mantuvo estable en el periodo, ya que hubo una gran cantidad de ingresos de animales entre 1991 y 1993, lo cual coincide con el aumento en la frecuencia de la enfermedad. Adicionalmente, algunos de los casos positivos pueden atribuirse a variables propias de las técnicas diagnósticas tales como la sensibilidad y la especificidad, pues, aún atribuyéndoles valores altos, cercanos al 100%, conforme la frecuencia de las enfermedades disminuye hasta valores cercanos a cero, siguen apareciendo casos positivos por la disminución de su valor predictivo positivo (3,23).

De cualquier forma, aún asumiendo que todos los casos de seropositividad significaran casos de enfermedad, la frecuencia anual promedio en el periodo en estudio (2.2×1000) fue mucho menor al 90×100 que señala Gurría como promedio nacional (6), al 80×1000 que encuentra Valdespino en un hato del CAIT en 1990 (12), al 73.3×1000 encontrado por Xolalpa y col. en la Comarca Lagunera (24) y al 104.2×1000 encontrado por Guerrero y col en 1993 en un hato del CAIT (22,21). López Merino habla de una positividad a la enfermedad de 1981 a 1987 entre 44 y 100 por mil, para el ganado bovino lechero (13).

La RBC de 4.46, por ser mayor a 1, significa que el programa fue rentable; esto coincide con lo que encuentra García-Carrillo al evaluar el programa de erradicación de brucelosis en California, con una RBC de 9.65 (25); así como con la evaluación económica del esquema de erradicación de la brucelosis en Nueva Zelanda que Shepherd hace en 1979, en donde encuentra diferentes RBC, todas ellas positivas, de 1.74, 1.34 y 1.03% (26). Mediante un modelo de simulación, Dietrich encuentra también RBC rentables, del 1.97 al 24.02 (27).

En 1993, Xolalpa y col., en un estudio económico realizado en la Comarca Lagunera concluyen que la eliminación inmediata de vacas rectoras positivas, aunado a la vacunación de becerros, no resulta ser un programa financieramente rentable. Tampoco resulta rentable segregarse a las rectoras y vacunar becerros. Sin embargo, los subprogramas que incluyen las estrictas medidas sanitarias, así como la utilización de vacunas en dosis reducidas para el ganado adulto, permitiendo dejar a las seropositivas en el establo hasta el final de su vida productiva si demuestran ser económicamente rentables disminuyendo la incidencia de la enfermedad (24) al igual que el programa evaluado en el presente trabajo y que el realizado por Guerrero y col. en 1993, en un hato del mismo CAIT, con una RBC de 1.86 (20,21).

Estas diferencias entre los valores de las relaciones calculadas en otras investigaciones y el presente trabajo, se puede atribuir, además de los diferentes costos calculados y las diferentes tasas de incidencia encontradas, al hecho de haber utilizado una metodología

distinta. En todos los trabajos citados se comparan sólo los costos de los programas contra los beneficios proporcionados, mientras que en la propuesta de Trueta y Lecumberri(18), que fue la empleada en el presente estudio, se comparan las diferencias de lo ocurrido con programa y sin programa. Así, los valores en casi todos los demás trabajos citados difícilmente rebasan la unidad y, sin embargo, siguen siendo rentables. Grindle pese a reconocer las limitaciones que tiene una evaluación económica dadas la calidad de la información epidemiológica y las características productivas de cada hato, resalta el hecho de que, aunque deficientes, las evaluaciones económicas ayudan a la toma de decisiones (28).

La tasa interna de retorno de 43% fue muy superior al rendimiento de CETES, cuyo máximo valor anual fue menor al 31% de rendimiento. Ésto hace que el programa de control, simplemente considerado como inversión, sea sumamente atractivo.

El mayor porcentaje de los beneficios (98%) fue por el aumento en la producción láctea, ésto coincide con el trabajo de Castro Romero sobre pérdidas económicas provocadas por *Brucella abortus* en el ganado bovino en la Sindicatura de El Dorado Sinaloa en donde la disminución de la producción láctea también representa las mayores pérdidas con el 43.49% del total (29).

CONCLUSIONES

El programa ha mostrado haber mantenido bajo el número de casos de brucelosis bovina en el CAIT, las operaciones son rentables y los beneficios ampliamente retribuidos prácticamente desde el primer año de iniciado el análisis. Inclusive, como inversión, la rentabilidad es muy superior a cualquier otra alternativa.

Pese a parecer a primera vista como un programa costoso, \$6,252,904.88 no es una cantidad onerosa si consideramos que el periodo evaluado es de 6 años, lo que representaría un promedio anual de \$1,042,150.80, que dividido entre la población promedio de la cuenca (19,826 vacas en producción) representa aproximadamente 53 pesos, y ésto al dividirlo entre

el promedio de leche producida por lactancia (7,000 litros), representa menos de 1 centavo por cada litro de leche producido para pagarlo. Es decir no tiene tanta importancia el costo absoluto sino el relativo para conocer la rentabilidad de las acciones de control de la brucelosis.

LITERATURA CITADA

1. Ellis P R, James D. The economics of animal health-(1) Major diseases control programs. Vet Rec 1979; 105:504-506.
2. Ellis P R, James D. The economics of animal health-(2) Economics in farm practice. Vet Rec 1979; 105:523-526.
3. Thrusfield M. Epidemiología Veterinaria. Acribia, Zaragoza, España, 1990.
4. Weitzenfeld H. Manual Básico de Evaluación del Impacto en el ambiente y la Salud de Proyectos de Desarrollo. Metepec, Estado de México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Programas de Salud Ambiental, Organización Panamericana de la Salud; 1990.
5. Acha N P, Szyfres B. Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales. 2a ed. Washington DC: OPS, 1986.
6. Gurría T F. Campaña Nacional contra la tuberculosis bovina y brucelosis en México. Memorias de la Primera Reunión Anual del Consejo Nacional de Sanidad Animal; 1992, México (DF), 1992. 107-116, consejo Nacional de Sanidad Animal, México D.F. (1992).
7. Gurría T F. Introducción general y situación actual de la tuberculosis y brucelosis en México. Curso de capacitación de coordinadores estatales y supervisores distritales en tuberculosis bovina y brucelosis. México D.F., 1993. 3-10, FMVZ-SARH, México D.F. (1993).
8. Gurría T F. Situación actual de la tuberculosis bovina y brucelosis en México. Mex. Gan. 385: 21-27 (1994).

9. Ruiz-Castañeda M, Tovar R, Velez R. Studies on brucellosis in Mexico. Comparative study of various diagnostic tests and classification of the isolated bacteria. *J. Infect. Diseases* 1942; 70-97.
10. Luna-Martinez J E, Jaramillo A C J, López-Merino A. Estudio de la brucelosis en hatos lecheros en una zona conurbada de la Ciudad de México. *Vet. Mex.* 1992; 23:111-116.
11. Gual N L F. Programas Oficiales para el control de la brucelosis en México. Memorias del II Foro Nacional sobre Brucelosis; 1988; México (DF) México. UNAM, CANIFARMA, SARH, 1988.
12. Valdespino O J R. análisis del daño económico producido por la brucelosis bovina a un hato lechero con un programa de control. Tesis de maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1990.
13. López M A. Brucelosis: Avances y perspectivas. Publicación Técnica del INDRE No.6. Instituto Nacional de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos. México 1991.
14. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural: NOM-041-ZOO-1995, Campaña Nacional contra la Brucelosis en los Animales. Comité Consultivo Nacional de Normalización de Protección Zoonosanitaria. México, D.F. publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de Agosto de 1996.
15. Sánchez L S. Análisis de las causas de desecho de bovinos adultos vivos en el CAIT, Hgo., de 1981 a 1985. (Tesis de licenciatura). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1987.
16. Secretaría de Programación y Presupuesto: Atlas Nacional del Medio Físico. Dir. Gral. de Geografía en el Territorio Nacional, México, D.F., 1988.

17. Méndez R I, Namihira G D, Moreno A L, Sosa M C. El protocolo de investigación. Lineamientos para su elaboración y análisis. Trillas. México, D.F., 1987.
18. Trueta S R, Lecumberri L J. Evaluación de normas de sanidad animal. Memorias del XVIII Congreso Nacional de Buiatría, México (DF) 1993; 11 al 13 de noviembre. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC. México, (DF) 1993.
19. Flores-Castro R, Fernandez de Cordoba L, Trejo-Salomon J and Del Rio-Vargas J. Adult cattle vaccination and revaccination with strain 19 reduced dosis for the control of brucellosis: a field experience in Mexico. Int J Zoon 1985;12:299-303.
20. Guerrero L M L. Evaluación económica del programa de control de brucelosis bovina en un hato lechero del Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca (CAIT) durante 1993. (Tesis de licenciatura). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1995.
21. Guerrero L M L, Monroy L J F, Jaramillo A C J, Alonso P A. Análisis costo-beneficio de las acciones de control de brucelosis bovina durante 1993 (en un establo del CAIT. Memorias del XIX Congreso Nacional de Buiatría, México (DF) 1995; 11 al 13 de agosto (24-26); Torreón (Coahuila). Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC. México, (DF) 1995.
22. Fernández C I F. Evaluación económica de la campaña de erradicación de la tuberculosis y brucelosis bovina en el estado de Sonora. (Tesis de licenciatura). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1995.
23. Guerrero L M L, Monroy L J F. Valor predictivo de dos técnicas diagnósticas de brucelosis bovina en Tizayuca. Memorias de la XXXIII Reunión Nacional de

- Investigación Pecuaria 1997; del 4 al 6 de noviembre; Veracruz (Veracruz) México.
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, 1997.
24. Xolalpa, C V M, Jaramillo A C J, Alonso P F. Evaluación financiera de un programa de control de la brucelosis bovina en la Comarca Lagunera (1987 a 1990). *Vet. Mex.* 1993; 24:2.
 25. Garcia C C. Brucelosis: Programa de Erradicación en California. Centro Panamericano de Zoonosis/Organización Panamericana de la Salud, Buenos Aires, Argentina, 1975.
 26. Shepherd A A, Simpson B H, Davidson R M. An economic evaluation of the New Zealand Bovine Brucellosis Eradication Scheme. *Proceeding of the Second International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics Health in Canberra, Australia 1979; 7-11 May.* Australian Government Publishing Service, Canberra, 1979.
 27. Dietrich R A, Amosson S H, Hopkin JA. Epidemiologic and economic analysis of the USA Bovine Brucellosis Program and selected program alternatives via open ended simulation modely. *Proceeding of the Second International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics Health in Canberra, Australia 1979; 7-11 May.* Australian Government Publishing Service, Canberra, 1979.
 28. Grindle R J. Appropriate methodology in economics analysis of disease control projects. *Proceeding of the Second International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics Health in Canberra, Australia 1979; 7-11 May.* Australian Government Publishing Service, Canberra, 1979.
 29. Castro R J A. Pérdidas económicas que provoca *Brucella abortus* en el ganado bovino en la Sindicatura de El Dorado Sinaloa. (Tesis de licenciatura). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1980.

CUADRO 1. AUMENTO EN LA PRODUCCIÓN LÁCTEA EN LITROS Y EN PESOS SIN PROGRAMA Y CON PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993.

AÑO	LITROS DE LECHE SIN PROGRAMA	LITROS DE LECHE CON PROGRAMA	DIFERENCIA EN LITROS DE LECHE	DIFERENCIA EN PESOS (\$1.16 por litro)
1988	137,288,517.0	139,366,715.0	2,078,198.0	2,410,709.60
1989	149,716,555.0	149,716,555.0	2,239,124.0	2,597,383.80
1990	84,211,530.9	85,492,979.3	1,281,448.4	1,486,480.10
1991	87,845,471.0	89,150,554.5	1,305,082.8	1,513,896.00
1992	124,475,090.0	126,350,474.0	1,875,384.0	2,175,445.40
1993	170,833,071.0	173,256,851.0	2,423,780.0	2,811,584.80
TOTAL	752,131,111.6	763,334,128.8	11,203,017.2	12,995,499.70

CUADRO 2. AUMENTO EN LA PRODUCCIÓN DE BECERROS EN CABEZAS Y EN PESOS SIN PROGRAMA Y CON PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993.

AÑO	CABEZAS DE BECERROS SIN PROGRAMA	CABEZAS DE BECERROS CON PROGRAMA	DIFERENCIA EN CABEZAS DE BECERROS	DIFERENCIA EN PESOS (\$150.00 por becerro)
1988	18,638	18,920	282	42,300.00
1989	20,022	20,326	304	45,600.00
1990	11,432	11,606	174	26,100.00
1991	11,926	12,103	177	26,550.00
1992	16,899	17,153	254	38,100.00
1993	23,192	23,521	329	49,350.00
TOTAL	102,109	103,629	1,520	228,000.00

**CUADRO 3. AUMENTO EN LA PRODUCCIÓN DE BECERROS Y LECHE EN PESOS
SIN PROGRAMA Y CON PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN
EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO
DE 1988 A 1993.**

AÑO	AUMENTO EN LA PRODUCCION DE LECHE EN PESOS	AUMENTO EN LA PRODUCCION DE BECERROS EN PESOS	AUMENTO EN LA PRODUCCION TOTAL EN PESOS
1988	2,410,709.60	42,300.00	2,453,009.60
1989	2,597,383.80	45,600.00	2,642,983.80
1990	1,486,480.10	26,100.00	1,512,580.10
1991	1,513,896.00	26,550.00	1,540,446.00
1992	2,175,445.40	38,100.00	2,213,545.40
1993	2,811,584.80	49,350.00	2,860,934.80
TOTAL	12,995,499.70	228,000.00	13,223,499.30

CUADRO 4. CONCEPTO DE LOS COSTOS CON PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993.

AÑO	DIAGNOSTICO	VACUNACION	ELIMINACION	TOTAL
1988	1,287,428.70	15,770.65	8,292.44	1,311,491.79
1989	1,017,047.10	44,341.50	4,465.16	1,065,853.76
1990	804,785.70	55,921.95	637.88	861,345.53
1991	439,877.70	103,305.65	21,687.92	564,871.27
1992	1,057,274.40	82,871.25	13,395.48	1,153,541.13
1993	1,120,766.70	57,026.90	118,007.80	1,295,801.40
TOTAL	5,727,180.30	359,237.90	166,486.68	6,252,904.88

CUADRO 5. DIFERENCIA DE COSTOS SIN Y CON PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993.

AÑO	COSTOS SIN PROGRAMA (eliminación anticipada del ganado enfermo)	COSTOS CON PROGRAMA (diagnóstico, vacunación y eliminación)	DIFERENCIA DE COSTOS SIN Y CON PROGRAMA
1988	601,290.79	1,311,491.79	710,201.00
1989	645,915.79	1,065,853.76	419,937.97
1990	368,826.32	861,345.53	492,519.21
1991	384,742.10	564,871.27	180,129.17
1992	545,171.05	1,153,541.13	608,370.08
1993	748,207.89	1,295,801.40	547,593.51
TOTAL	3,294,153.94	6,252,904.88	2,958,750.94

CUADRO 6. VARIABLES ECONÓMICAS DEL PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988-A 1993.

AÑO	BENEFICIOS	COSTOS	RELACION BENEFICIO/COSTO	VALOR ACTUAL NETO
1988	2,453,009.60	710,201.00	3.45	1,742,808.60
1989	2,642,983.80	419,937.97	6.29	2,223,045.83
1990	1,512,580.10	492,519.21	3.07	1,020,060.89
1991	1,540,446.00	180,129.17	8.55	1,360,316.83
1992	2,213,545.40	608,370.08	3.63	1,605,175.32
1993	2,860,934.80	547,593.51	5.22	2,313,341.29
TOTAL	13,223,499.70	2,958,750.94	4.46	10,264,748.76

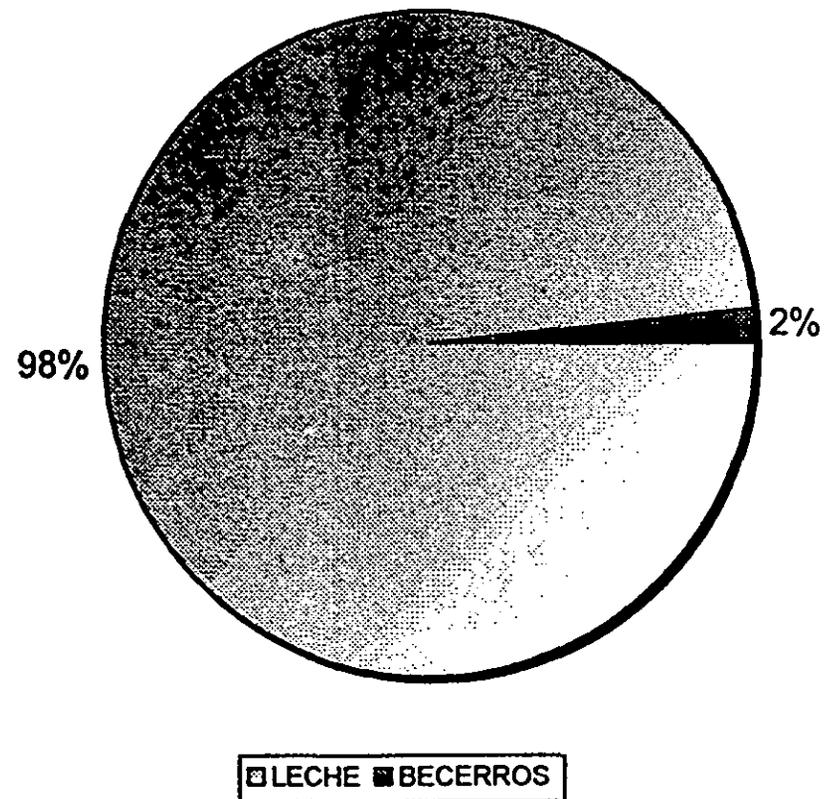
CUADRO 7. TASA INTERNA DE RENTABILIDAD DEL PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993.

AÑO	BENEFICIOS ACUMULADOS	RENDIMIENTO CETES	COSTOS MÁS RENDIMIENTO	TASA DE CETES	TASA DE RETORNO
1988	2,453,009	928,254	1,016,013	30.7	43.0
1989	5,095,993	1,627,076	2,054,273	30.0	43.0
1990	6,608,573	2,257,734	3,643,443	8.5	43.0
1991	8,149,019	2,481,799	5,470,005	1.9	43.0
1992	10,362,564	3,198,202	8,695,727	4.3	43.0
1993	13,223,499	3,982,078	13,223,499	7.4	43.0

**CUADRO 8. INCIDENCIA DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO
AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO
DE 1977 A 1993.**

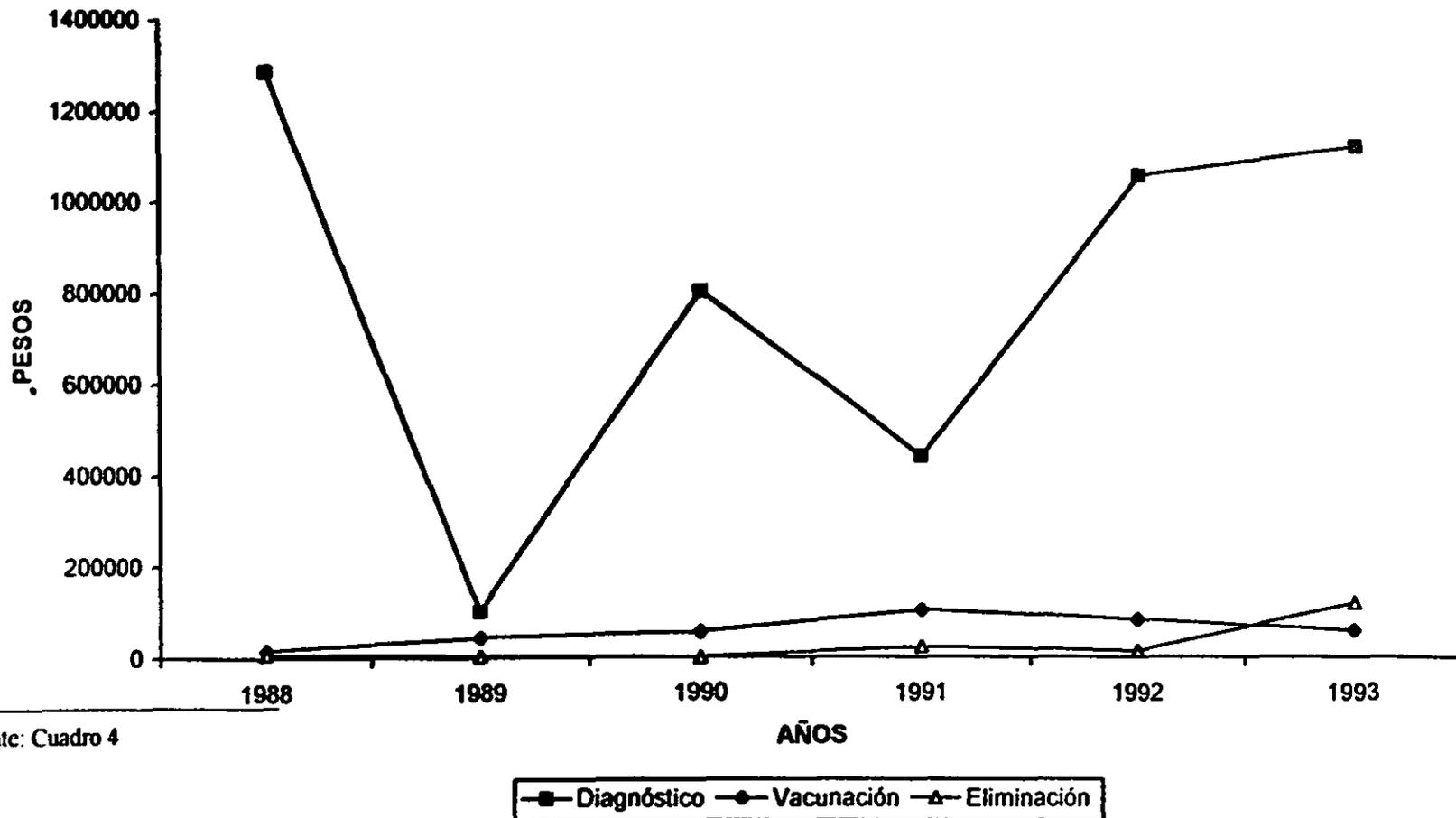
AÑO	POBLACIÓN BOVINA ESTIMADA	ANIMALES POSITIVOS ELIMINADOS	INCIDENCIA POR 1000 ANIMALES
1977	8462	8	0.9
1978	14450	232	16.1
1979	17589	366	20.8
1980	17331	1710	98.7
1981	17955	1848	102.9
1982	18456	1183	64.1
1983	18425	145	7.9
1984	18205	129	7.1
1985	20200	58	2.9
1986	21019	59	2.8
1987	22207	13	0.6
1988	21748	3	0.6
1989	23369	7	0.3
1990	13347	1	0.1
1991	13890	34	2.4
1992	19709	21	1.1
1993	26893	185	6.9
TOTAL	118956	6002	50.4

**GRÁFICA 3. AUMENTO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y BECERROS EN PESOS
CON PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO
AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO
DE 1988 A 1993***



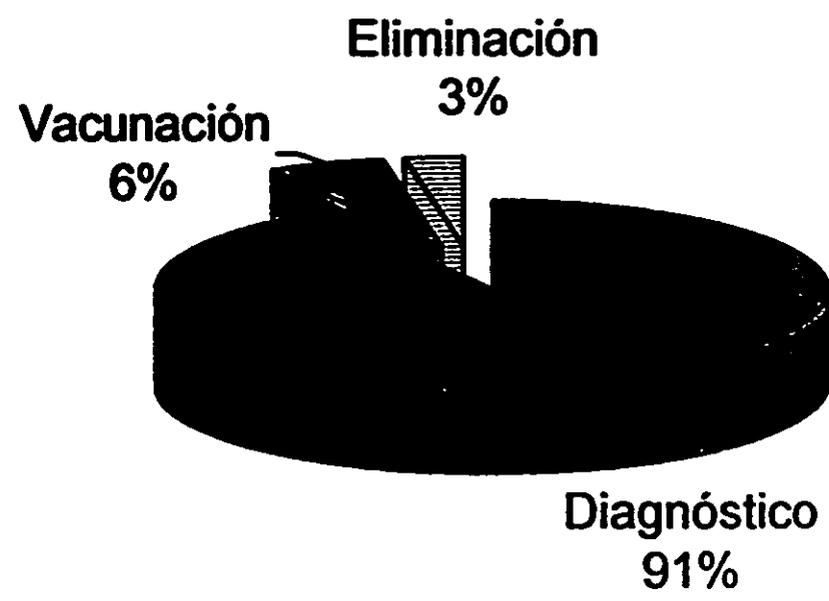
• Fuente: Cuadro 3

GRÁFICA 4. CONCEPTO DE LOS COSTOS DEL PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993*



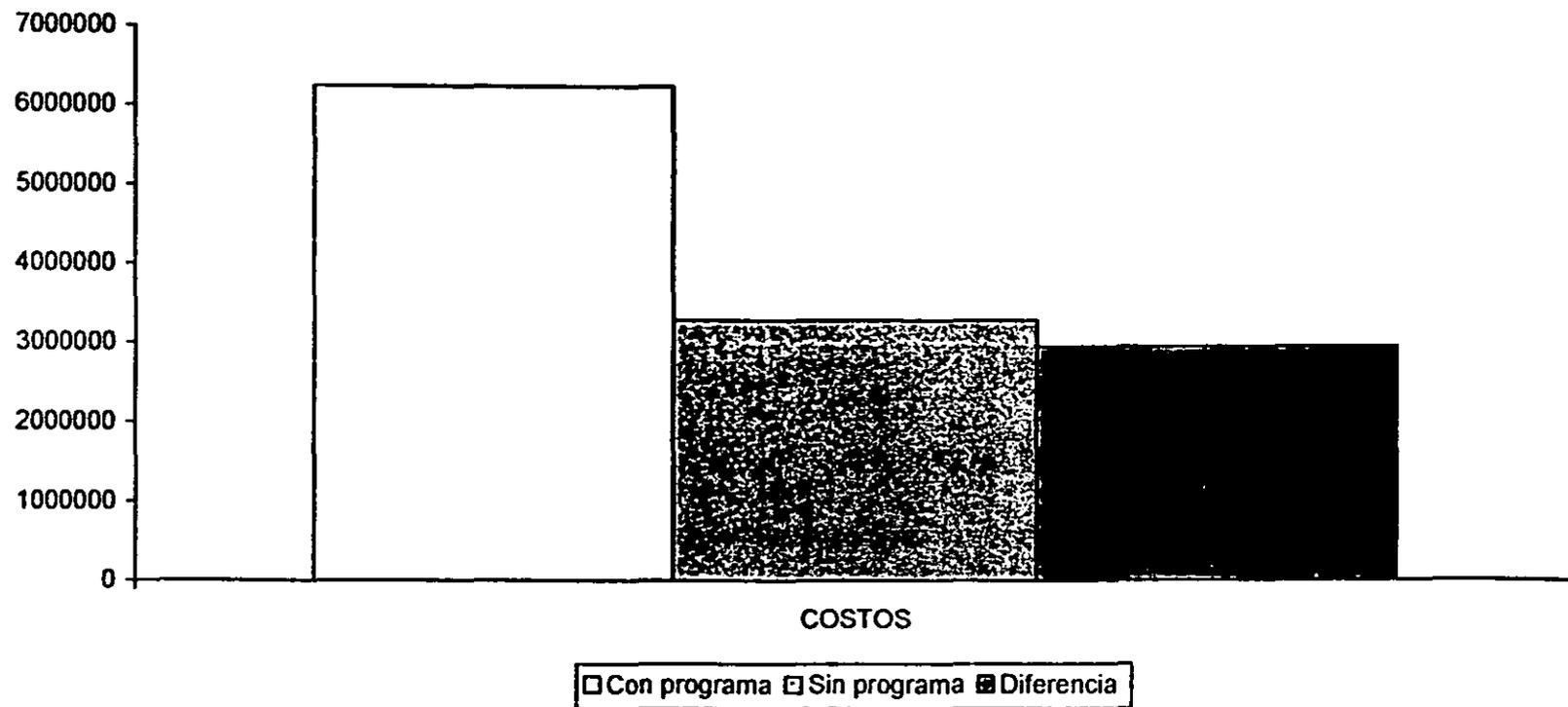
Fuente: Cuadro 4

GRÁFICA 5. PROPORCIÓN DE LOS COSTOS POR CONCEPTO, DEL PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993*



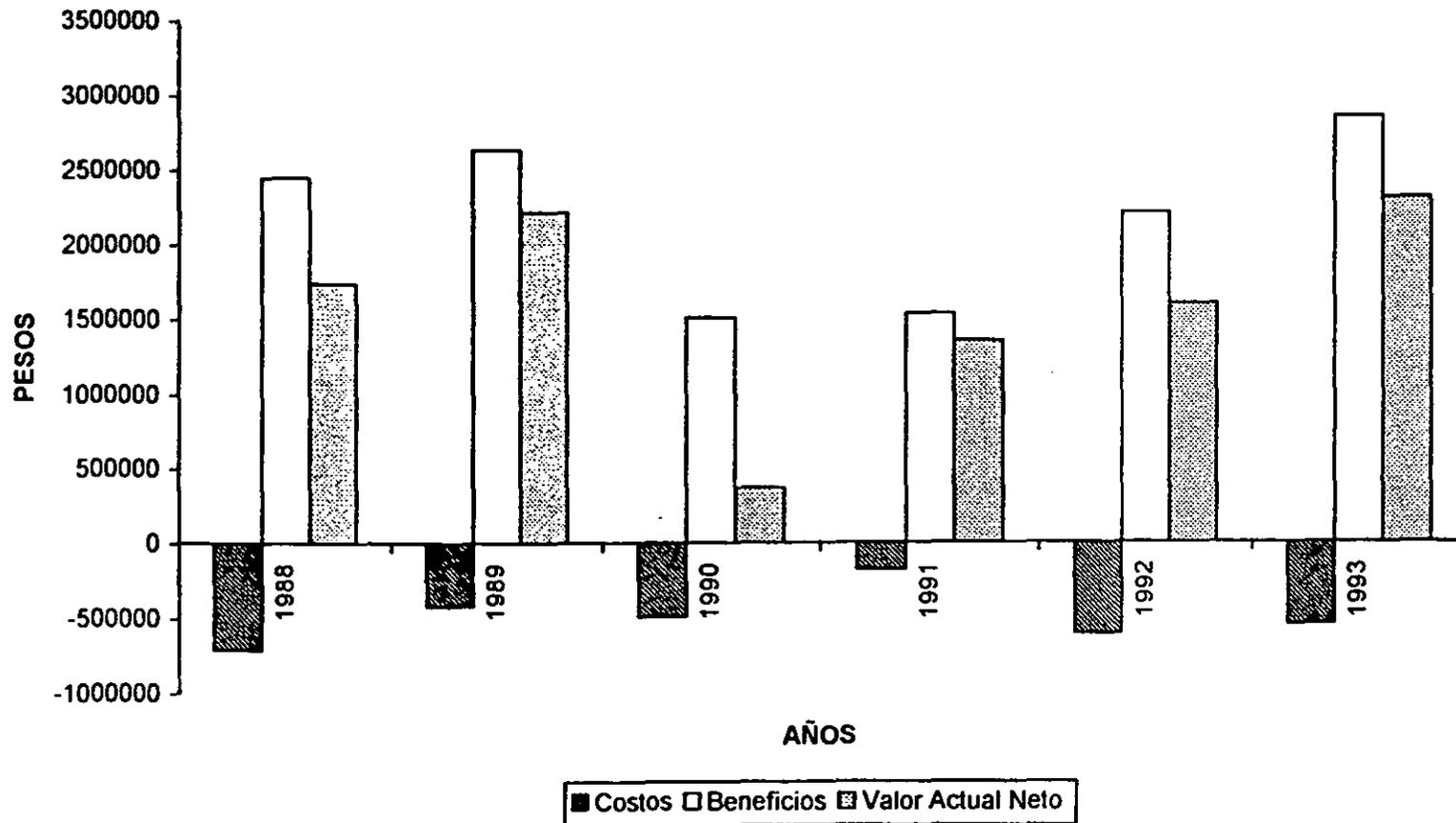
* Fuente: Cuadro 4

GRÁFICA 6. DIFERENCIA DE COSTOS CON PROGRAMA Y SIN PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993*



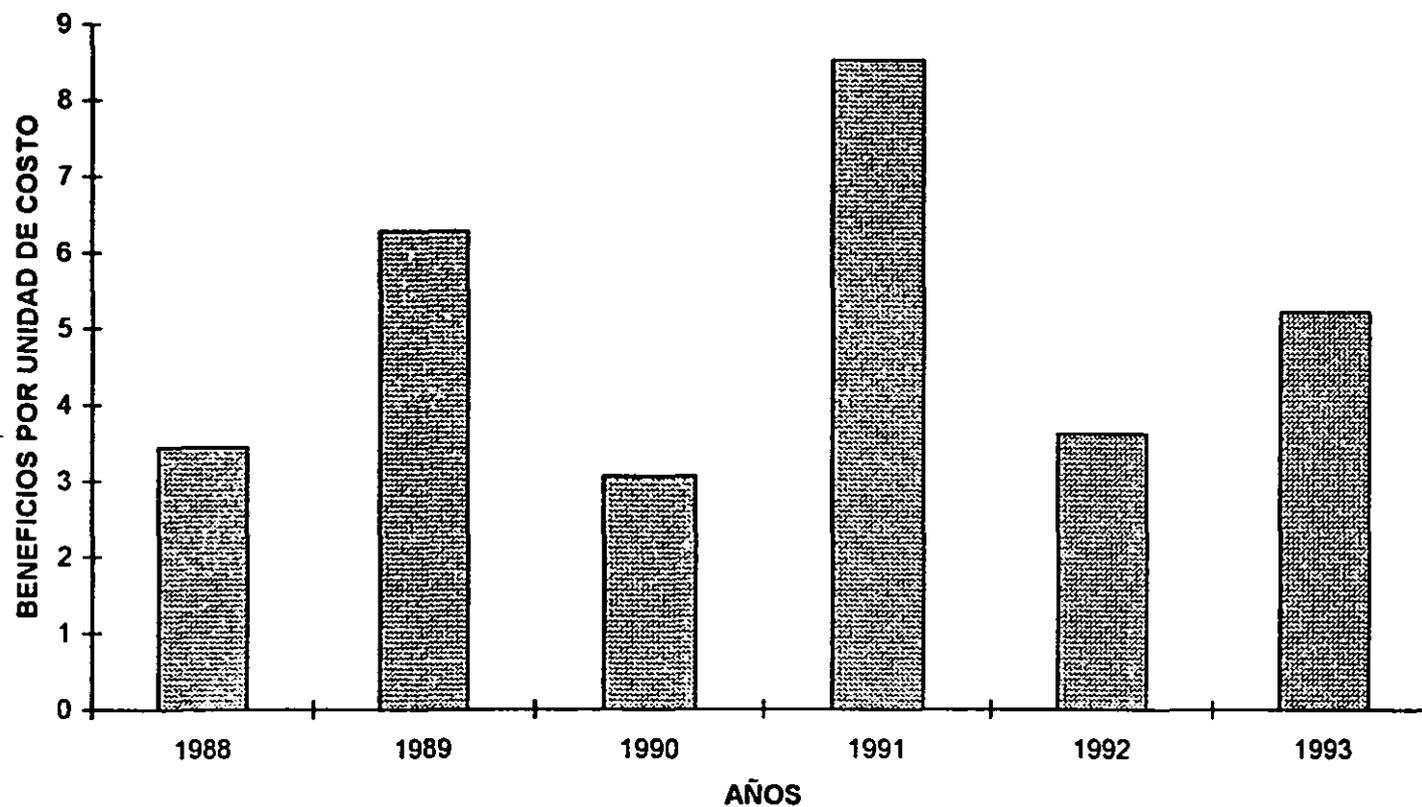
* Fuente: Cuadro 5

GRÁFICA 7. VARIABLES ECONÓMICAS DEL PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993*



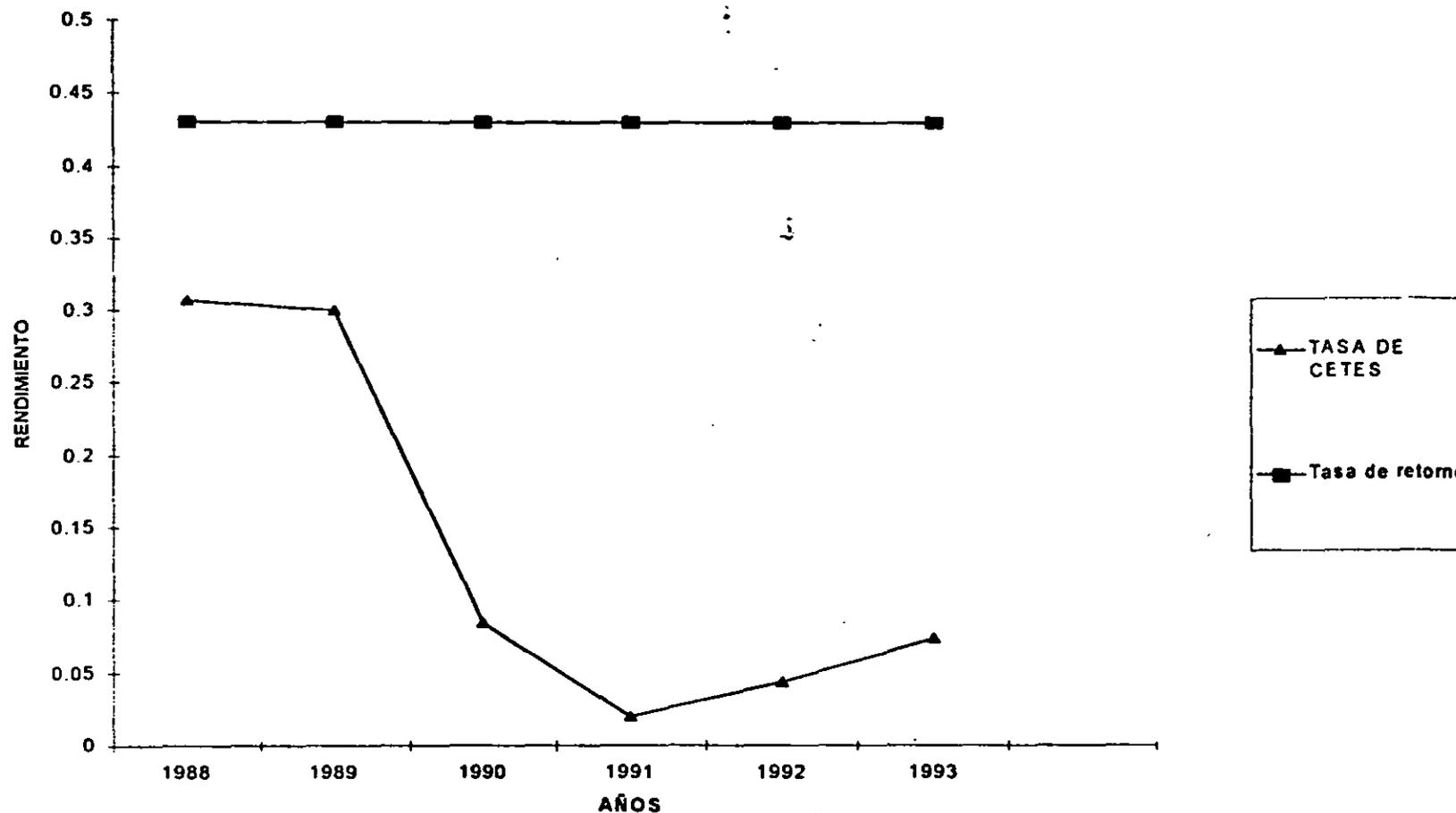
* Fuente: Cuadro 6

GRÁFICA 8. RELACIÓN BENEFICIO/COSTO DEL PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993*



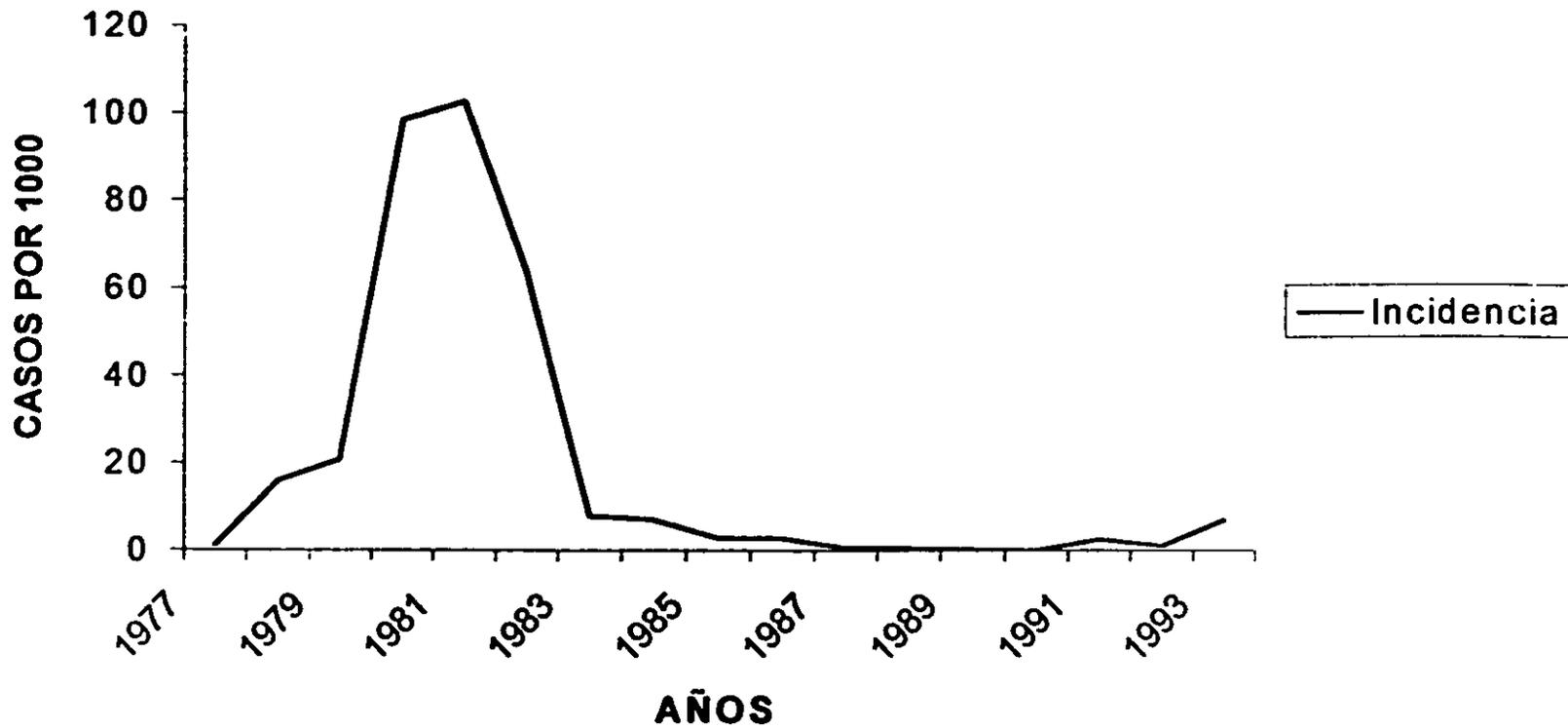
* Fuente: Cuadro 6

GRÁFICA 9. RENTABILIDAD DEL PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1998 A 1993 CONTRA RENDIMIENTOS DE CETES PARA EL MISMO PERIODO*



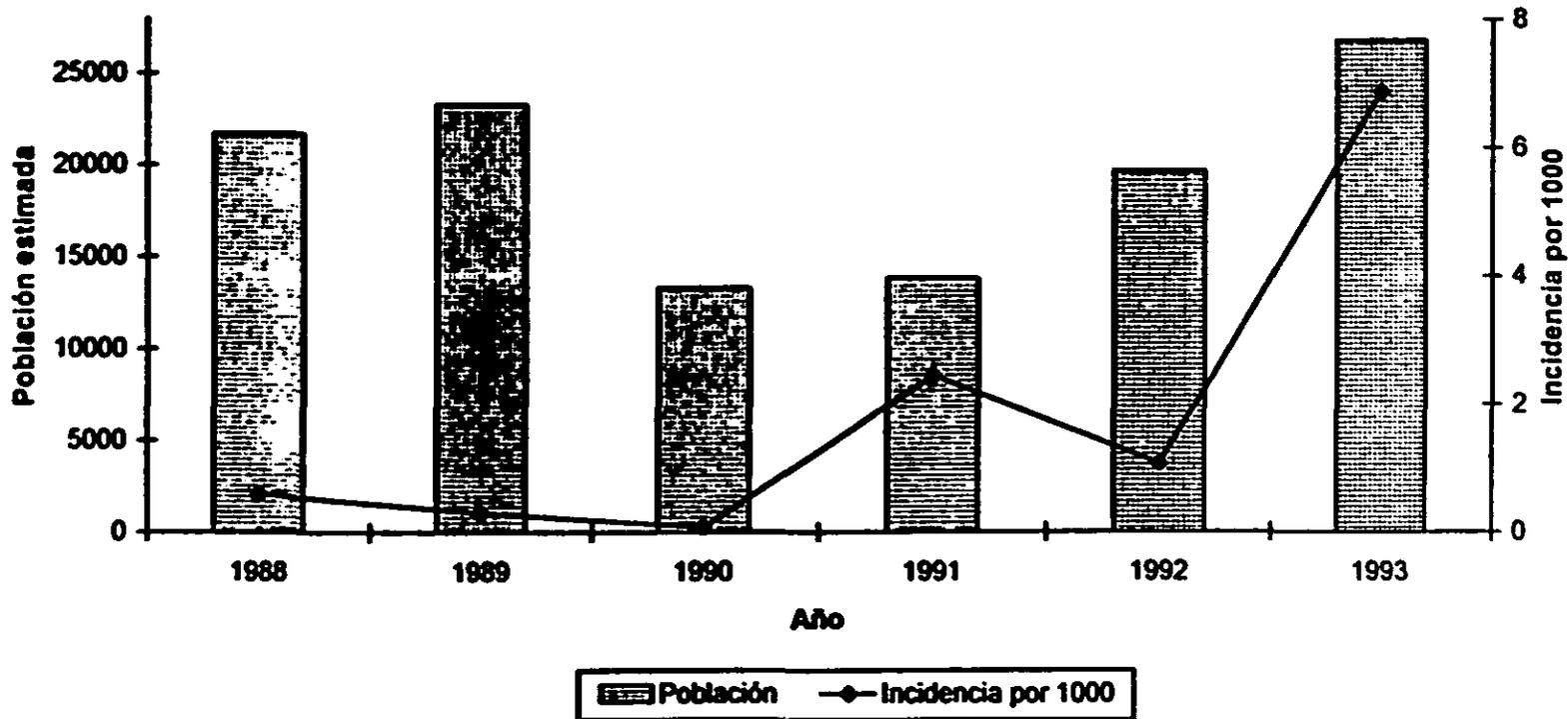
Fuente: Cuadro 7

GRÁFICA 10. INCIDENCIA DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1977 A 1993*



* Fuente: Cuadro 8

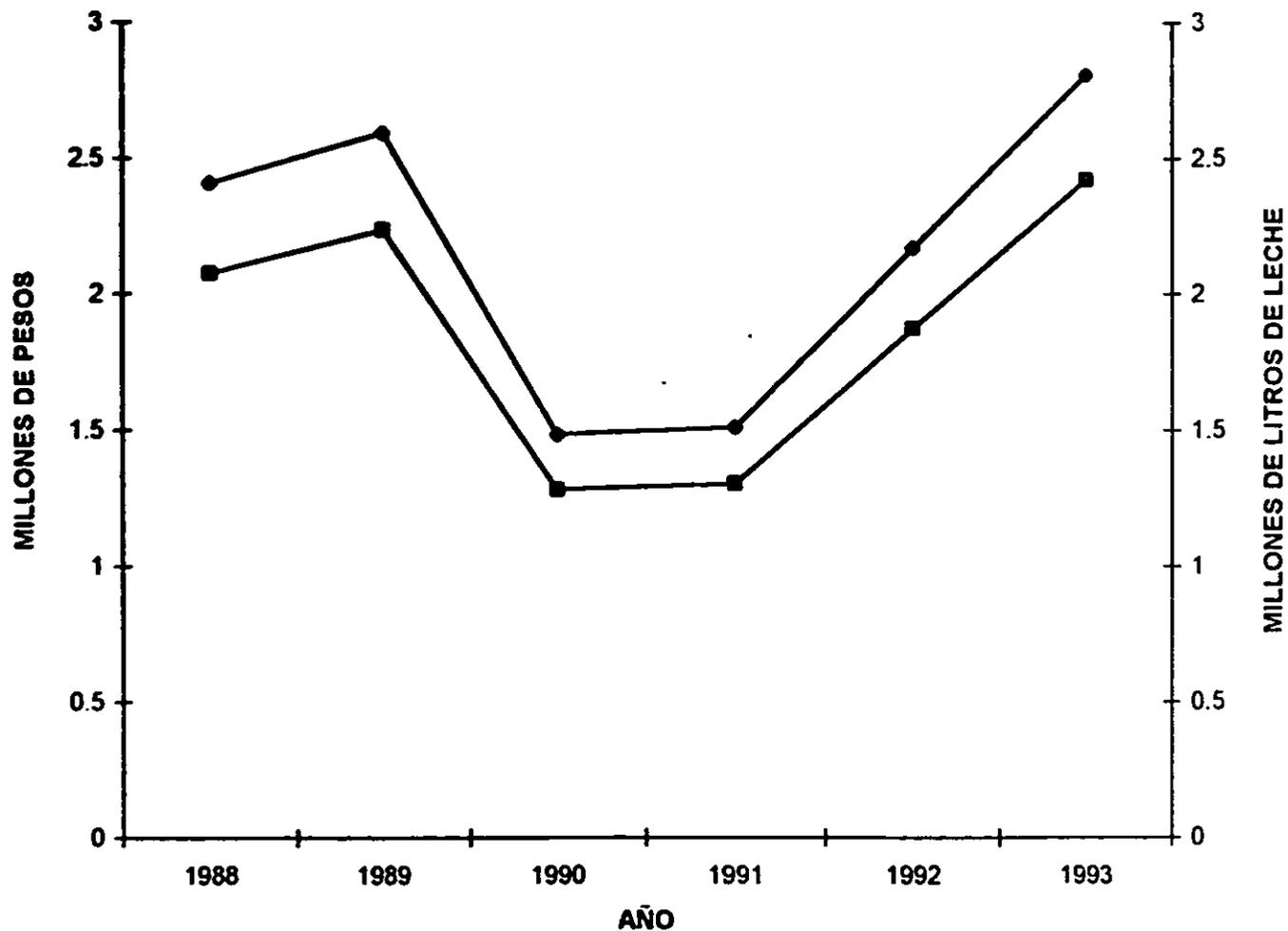
GRÁFICA 11. INCIDENCIA DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993*



* Fuente: Cuadro 8

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA
 DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICA
 DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICA DE LA INDUSTRIA Y COMERCIO

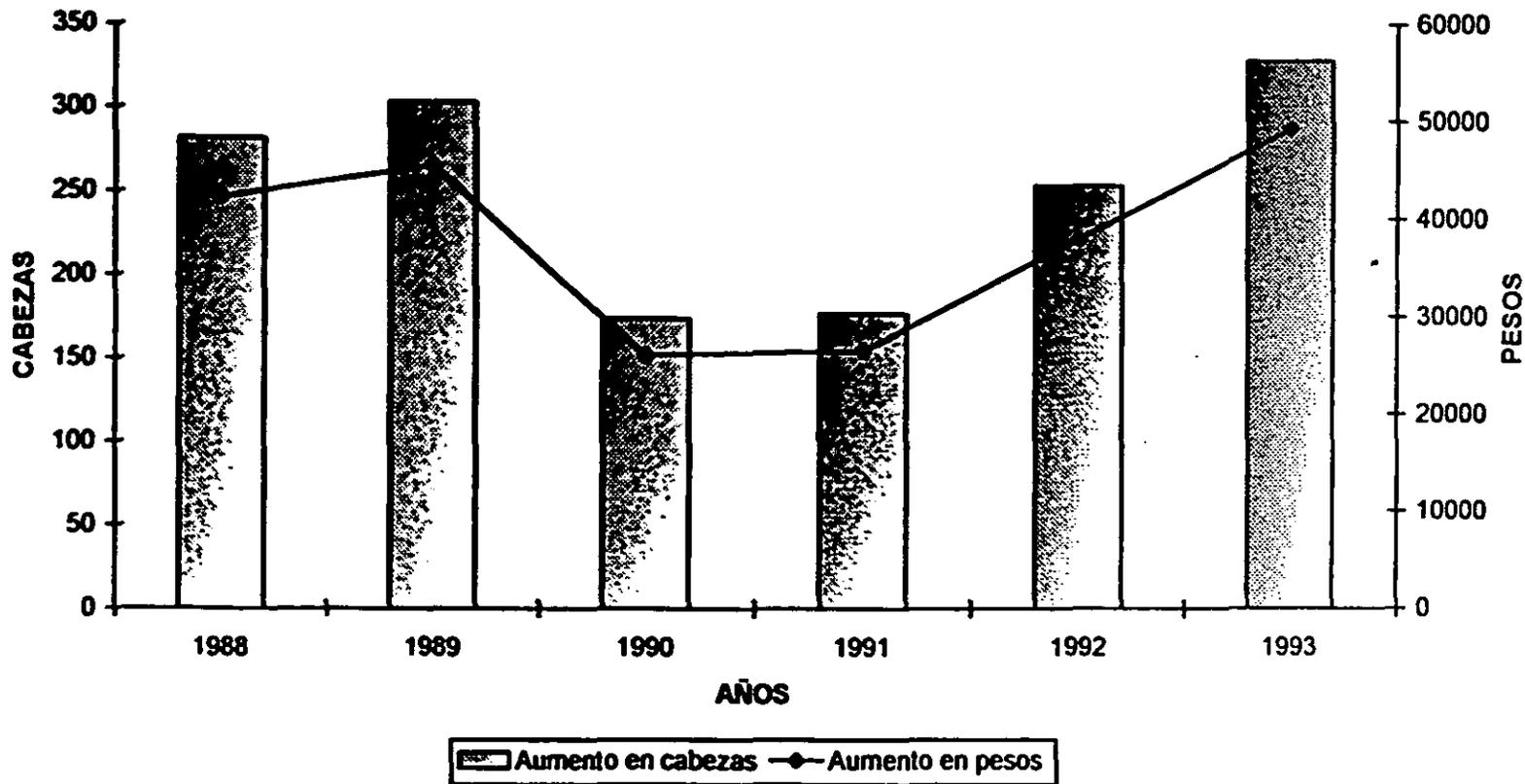
GRÁFICA 1. AUMENTO EN LA PRODUCCIÓN LÁCTEA EN LITROS Y EN PESOS CON PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993*



Fuente: Cuadro 1

■ Aumento en litros ◆ Aumento en pesos

GRÁFICA 2. AUMENTO EN LA PRODUCCIÓN DE BECERROS EN CABEZAS Y EN PESOS CON PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993*



* Fuente: Cuadro 2

ANEXO I

<p>PROGRAMA DE CONTROL DE BRUCELOSIS BOVINA EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO DE 1988 A 1993 (19, 20, 21)</p>
<p>Objetivo general del programa</p> <p>Erradicar la brucelosis bovina en el CAIT</p>
<p>Objetivos intermedios</p> <p>Mantener al ganado sano</p> <p>Producir leche libre de <i>Brucella abortus</i></p>
<p>Acciones de control</p> <p>a) Aplicación de la prueba tamiz de tarjeta ácida y la confirmación a través de fijación del complemento a animales de nuevo ingreso, animales sospechosos y vacas que abortan.</p> <p>b) Aplicación de la vacuna contra <i>Brucella abortus</i> cepa 19 dosis reducida.</p> <p>c) Eliminación de animales diagnosticados positivos a las dos pruebas diagnósticas.</p>

IDENTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PROGRAMA.

Aunque existen beneficios en salud pública, tales como la disminución de casos de brucelosis en la población humana a través de la disminución de fuentes de infección, sus repercusiones financieras, en el presente trabajo, no fueron cuantificadas debido a la falta de información confiable al respecto y la dificultad para establecer indicadores de impacto económico. Los beneficios del programa en lo financiero se pueden resumir en dos:

1. El aumento de la producción láctea.
2. El aumento del número de becerros.

CUANTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS

IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

Las variables utilizadas para medir los beneficios que trae consigo la aplicación del programa fueron:

Número de vacas productoras

Número de vacas infectadas

Producción de leche de vacas no infectadas

Producción de leche de vacas infectadas

Becerras producidos por vacas no infectadas

Becerras producidos por vacas infectadas

Precio del litro de leche

Precio de la cría

UNIDADES DE MEDICIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLES	UNIDADES DE MEDICIÓN
Número de vacas productoras	Número de cabezas
Número de vacas infectadas	Número de cabezas
Producción de leche de vacas sanas	Litros de leche
Producción de leche de vacas infectadas	Litros de leche
Becerras producidos por vacas sanas	Número de cabezas
Becerras producidos por vacas infectadas	Número de cabezas
Precio del litro de leche	Pesos por litro
Precio de la cría	Pesos por cabeza

CRITERIOS DE VALUACIÓN

Número de vacas productoras: Se utilizó la información del censo ganadero del CAIT.

Número de vacas infectadas: Se contabilizó el número de vientres eliminados por diagnóstico positivo a brucelosis.

Producción de leche de vacas no infectadas: Se tomó el promedio de producción de leche por lactancia de las vacas negativas a brucelosis del CAIT. (20,21)

Producción de leche de vacas infectadas: Se tomó el promedio de producción de leche por lactancia de las vacas sanas del CAIT, menos la disminución de producción por infección de brucelosis encontrado en el CAIT. (20,21)

Beceros producidos por vacas sanas: Se utilizó la información del censo ganadero y se multiplicó por el promedio de partos del CAIT. (20,21)

Beceros producidos por vacas infectadas: Se utilizó la información del censo ganadero y se multiplicó por la fertilidad de las vacas infectadas con brucelosis en el CAIT. (20,21)

Precio del litro de leche: Precio de venta a pie de establo en el CAIT.

Precio de la cría: Precio del becerro neonato en el CAIT.

IDENTIFICACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROGRAMA

Los costos del programa fueron:

1. Costo del diagnóstico
2. Costo de vacunación
3. Costo de eliminación del ganado

CUANTIFICACIÓN DE LOS COSTOS

Identificación de las variables

Diagnósticos

Precio del diagnóstico

Vacunación

Precio de la vacunación

Vacas eliminadas

Depreciación del ganado

UNIDADES DE MEDICIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLES	UNIDADES DE MEDICIÓN
Diagnósticos	Número de vacas diagnosticadas
Precio del diagnóstico	Pesos por diagnóstico
Vacunación	Número de vacas vacunadas
Precio de la vacunación	Pesos por vacunación
Vacas eliminadas	Número de vacas eliminadas
Depreciación del ganado	Pesos por depreciación

CRITERIOS DE VALUACIÓN

Diagnóstico: Se utilizaron los informes del número de diagnósticos realizados por la oficina del SEPREVETI.

Precio del diagnóstico: Se utilizó el precio de las pruebas diagnósticas para brucelosis de acuerdo con la información obtenida en el Centro Nacional de Diagnóstico en Salud Animal (CENASA) de la entonces SAGAR, y a este precio se le adicionó el cobro correspondiente al servicio de muestreo de la oficina del SEPREVETI.

Vacunación: Se utilizaron los informes de vacunaciones realizadas por el personal de SEPREVETI.

Precio de la vacunación: Se utilizó el precio de la vacuna para brucelosis en el CAIT, más el cobro del servicio de vacunación del SEPREVETI.

Vacas eliminadas: Se calculó la vida media del ganado sano y se multiplicó por la proporción en la que se reduce la vida productiva del ganado infectado en el CAIT.

Depreciación del ganado: Se calculó el costo de reemplazo y se multiplicó por la proporción en la que se reduce la vida productiva del ganado infectado en el CAIT

ANEXO 2

FÓRMULAS UTILIZADAS PARA EL CÁLCULO DE LOS FLUJOS, LOS VALORES ACTUALIZADOS, LA RELACIÓN BENEFICIO/COSTO Y LA TASA INTERNA DE RETORNO

$$\text{RBC} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

$$\text{VAN} = \sum_{t=0}^n B_t - C_t (1+i)^{-t}$$

RBC = Relación Beneficio/Costo

VAN = Valor Actual Neto

n = Horizonte del proyecto

B_t = Beneficios del año t

C_t = Costos del año t

(1 + i)^{-t} = Tasa de actualización