

Estudio de costo-efectividad del programa de vacunación contra *Brucella abortus* en bovinos en el departamento de Nariño

Juan M. Astaiza-Martínez¹, Janneth C. Benavides-Melo¹, Jorge A. Díaz-Rojas²

¹ Programa de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. Correo electrónico: astaizajm@gmail.com.

² Departamento de Farmacia, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D. C., Colombia. Correo electrónico: jadiazr@unal.edu.co.

Recibido para evaluación: 14 de septiembre de 2012.

Aceptado para publicación: 10 de diciembre de 2012.

RESUMEN

Objetivo. Determinar la eficiencia del programa de vacunación en bovinos contra *Brucella abortus* en el departamento de Nariño, desde la perspectiva de la Sociedad de Agricultores y Ganaderos de Nariño (Sagán). **Materiales y métodos.** Se realizó un estudio costo-efectividad empleando un modelo determinístico, el horizonte de tiempo fue desde la vacunación de los animales hasta que inician producción (24 meses). Se construyó un modelo de la historia natural de la enfermedad basado en revisión de literatura; los costos se establecieron desde la perspectiva de Sagán en el año 2008, se utilizó la menor efectividad de la vacuna reportada en la literatura y el escenario más conservador de la enfermedad mediante un análisis de sensibilidad en las principales variables. **Resultados.** Se encontró que la vacuna cepa 19 en una cohorte hipotética de 100.000 animales y con una prevalencia de la enfermedad de 8,6% permite un ahorro de \$1.302.670.935. Al analizar la razón costo-efectividad incremental se observa que en las diferentes variables el programa de vacunación es dominante y se produce una relación costo-efectividad favorable en los diversos resultados en salud analizados. **Conclusiones.** El programa de control y erradicación de brucelosis en el departamento de Nariño con vacuna cepa 19 es eficiente desde la perspectiva de Sagán.

Palabras clave: brucelosis, bovinos, costo-efectividad, eficiencia, Nariño, farmacoeconomía.

SUMMARY

Cost-effectiveness analysis of the vaccination program against bovine *Brucella abortus* in the Department of Nariño.

Objective: A cost-effectiveness analysis was conducted for the control and eradication program of bovine Brucellosis using the vaccine against strain 19 in the Department of Nariño (Colombia). *Materials and methods:* A cost-effectiveness study was conducted using a deterministic model with a hypothetical cohort of 100.000 animals, the time horizon was from the time of vaccination until the animals go into production (24 months). A model of the natural history of disease was constructed with data extracted from literature review, the costs were established from the perspective of SAGAN in 2008, the lowest effectiveness figure for the vaccine was used with a conservative illness scenario, and a sensitivity analysis was performed for the prevalence variables, milk price, and the cost and coverage of the vaccine. *Results:* A favorable cost-effectiveness relation for the different health outcomes analyzed within this work (Abortions, temporal infertility, mortality, prenatal mortality, milk and meat Production) was found. *Conclusions:* The Brucellosis control and eradication program in the Department Nariño against strain 19 is efficient from SAGAN's perspective; this program should count with support on the part of relevant institutions for the epidemiologic vigilance of this disease.

Key words: brucellosis, bovine, cost-effectiveness, efficiency, Nariño, pharmacoecconomics.

INTRODUCCIÓN

Es deber del Gobierno nacional proteger la sanidad pecuaria con el fin de evitar pérdidas económicas (1), perjuicios a la salud humana y restricciones en la comercialización de animales o sus productos. Con respecto a la sanidad animal, las enfermedades infecciosas ocupan un lugar importante, una de ellas es la brucelosis bovina o aborto infeccioso, que produce cuantiosas pérdidas económicas a la ganadería del país (2), ya que afecta a diferentes especies animales; es una zoonosis y se la considera una enfermedad profesional (3).

Además, la brucelosis bovina es relevante desde los puntos de vista socioeconómico y sanitario a nivel nacional e internacional. En Colombia las pérdidas económicas en bovinos no han sido calculadas en toda su extensión; sin embargo, evaluaciones reali-

zadas hacia 1993 sugieren valores hasta de 27.000 millones de pesos al año (4). Hacia 1999 las pérdidas económicas estimadas eran de 42.000 millones de pesos anuales (5).

En el ámbito de la apertura económica y la globalización, ante la eliminación de las barreras arancelarias las de carácter sanitario adquieren mayor vigencia y, de acuerdo con las políticas gubernamentales y la misión del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) de proteger la salud de la ganadería en Colombia, la brucelosis en los animales es considerada como una enfermedad de control oficial y de declaración obligatoria (6).

En Colombia la entidad encargada de llevar a cabo la campaña de vacunación contra *Brucella* es la Federación Nacional de Ganaderos (Fedegán) (7), la cual cumple la legislación nacional implementada para dicho fin, y en el departamento de Nariño el ente regional responsable es la Sociedad de Agricultores y Ganaderos de Nariño (Sagán).

En el contexto nacional es pertinente evaluar el impacto económico de los medicamentos y el uso adecuado de los recursos; las campañas de vacunación pueden ser analizadas con base en su eficiencia y se apoyan en estudios epidemiológicos en los que la información se analiza con métodos económicos (8).

Desde que se implementó en el país la campaña de erradicación de brucelosis no se ha determinado la relación de eficiencia de esta actividad con el impacto epidemiológico y económico.

En el presente estudio se determinó la eficiencia del programa de vacunación en bovinos contra *Brucella abortus* en el departamento de Nariño, desde la perspectiva de Sagán, con base en un modelo determinístico y una cohorte hipotética de animales vacunados y sin vacunar con una prevalencia obtenida en la región; además, se analizó la razón costo-efectividad incremental del programa de erradicación de brucelosis y se realizó un análisis de sensibilidad en prevalencia, precio de la leche, cobertura del programa y precio de la vacuna.

MATERIALES Y MÉTODOS

Prevalencia

Se utilizó la prevalencia reportada por G. González y R. Patiño para realizar el modelo determinístico (9).

Fuentes de información

La información para el presente trabajo fue recolectada en Sagán (entidad en la que se obtuvieron los datos de costos), la Secretaría de Agricultura de Nariño y consultas específicas a profesionales de la región en aspectos pertinentes.

Además, se hizo una revisión ampliada de la literatura para establecer el comportamiento de la enfermedad.

Efectividad del programa de vacunación

La efectividad del programa de vacunación se basó en dos escenarios, sobre una cohorte hipotética de 100.000 animales en producción, similar a la de los animales en producción existentes que se modelaron en el 2007 en Nariño:

Escenario 1. Sin vacunar, con una prevalencia de la enfermedad de 8,6%. Los resultados en salud y producción se obtuvieron teniendo en cuenta los menores porcentajes de las distintas variables de la enfermedad.

Escenario 2. Vacunados con el 100% de cobertura, con el menor porcentaje de efectividad de la vacuna reportado en la literatura. De la población en riesgo de adquirir la enfermedad se asumió una prevalencia de 8,6%. Los resultados en salud y producción de las diversas variables de la enfermedad se obtuvieron teniendo en cuenta los menores porcentajes.

Costos del programa

Los costos se tomaron de acuerdo con la perspectiva de Sagán.

Mano de obra

En cada período de vacunación Sagán contrata un grupo de profesionales médico-veterinarios para llevar a cabo la campaña.

Materiales utilizados

Vacuna cepa 19, agujas, jeringas, cadena de frío, entre otros.

Costos administrativos

Estos incluyen los costos de planificación y ejecución del programa de vacunación. Los recursos utilizados fueron valorados en pesos colombianos y la tasa de cambio representativa del mercado para el mes de agosto del 2008 fue de \$1.932,20 por dólar, de conformidad con las series estadísticas del Banco de la República.

Resultados en salud y producción del programa de vacunación contra brucelosis

Debido a la ausencia de información sobre trabajos de costo-enfermedad en la región, como supuestos para el desarrollo de este trabajo se tuvieron en cuenta los datos reportados en la literatura nacional e internacional para la valoración de los siguientes desenlaces de efectividad (26).

Tabla 1. Valores de la literatura respecto a las variables a evaluar.

Evento	Valor o rango	Fuentes
Aborto	10% - 50%	(10, 11, 12, 13, 14, 15)
Infertilidad temporal	Dos meses	(10)
Infertilidad permanente	20%	(10)
Mortalidad perinatal	5% - 20%	(10, 13, 14, 16)
Pérdidas en producción de leche	10% - 25%	(10, 11, 12, 13, 14)
Pérdidas en producción de carne	5%	(13, 14, 16)
Mortalidad	1%	(13)
Reemplazo de animales o sustitución	15%	(11)
Efectividad de la vacuna cepa 19	65% - 75%	(17, 18)

Evaluación económica

Para la evaluación económica se utilizó un análisis de costo-efectividad.

- El estudio se desarrolló desde el punto de vista de Sagán.
- En el análisis económico solo se incluyeron los efectos del programa de vacunación en la salud y producción animal, no los efectos en la salud humana.
- El horizonte de tiempo del estudio para el modelo determinístico fue desde la edad de vacunación de las terneras (3 a 8 meses de edad) hasta el primer parto (35 meses), un período de dos años.

Se calcularon las diferentes razones de costo incremental teniendo en cuenta las siguientes medidas de efectividad:

- Abortos
- Infertilidad
- Mortalidad perinatal
- Pérdidas en producción de leche
- Pérdidas en producción de carne
- Mortalidad de adultos
- Reemplazo de animales o sustitución
- Animales adultos sanos

La unidad de medida de los costos fue la de pesos colombianos del 2008.

En el modelo determinístico se consideró el peor escenario para la vacuna, se asumió la menor efectividad reportada en la literatura (65% - 75%) y una prevalencia de la enfermedad del 8,6%, menor a la reportada por el ICA en el 2002, que es del 9% (19).

Se creó un modelo determinístico representativo de la historia natural de la enfermedad, esquematizado en un árbol de decisiones, con los siguientes supuestos:

- Cohorte de 100.000 animales.
- Prevalencia encontrada en la literatura de 8,6%, para el departamento de Nariño, en 1999.
- Historia natural de la enfermedad reportada en la literatura.
- Todos los animales vacunados llegan al primer parto.
- Los eventos de la enfermedad se presentan en esta cohorte.
- Se asume la menor efectividad de la vacuna reportada en la literatura (65%) (17, 20, 21).
- Se asume el menor impacto en las diferentes variables de la enfermedad.
- La población de animales vacunados con protección relativa se enfrentó a un escenario de riesgo con una prevalencia de la enfermedad del 8,6%.
- Se espera que la enfermedad se comporte igual con respecto a los desenlaces en salud en animales sin vacunar y vacunados.

Análisis de sensibilidad

Se llevó a cabo un análisis de sensibilidad en los siguientes aspectos:

- Cobertura del programa de vacunación entre 0% y 100%
- Prevalencia de la enfermedad del 5%
- Precio de la leche
- Precio de la vacuna

Tasa de descuento

Se implementó una tasa de descuento del 3%.

Tamaño de la muestra

Se asumió una cohorte hipotética de 100.000 animales bovinos hembras.

RESULTADOS

Costos del programa de control y erradicación de brucelosis en el departamento de Nariño, en el año 2008:

Costos fijos

La Sagán realiza dos programas de vacunación en Nariño: el de control y erradicación de fiebre aftosa y el de control y erradicación de brucelosis bovina, por lo cual, para determinar el valor correspondiente de los costos fijos y variables del programa de vacunación y erradicación de brucelosis se tuvieron en cuenta ambos programas, con lo que además se establece la relación correspondiente a cada uno.

El principal costo fijo lo representan los médicos veterinarios contratados en los tres proyectos, y equivale al 59,19%.

Costos variables

Los vacunadores se contratan por ciclos, dos veces al año; según la zona y el municipio se determinan los días de trabajo, que varían entre 15, 20, 30, 40 y 45, variación dada por el tamaño del municipio, la seguridad del personal y la cantidad de predios. El fraccionamiento de los contratos obedece tanto a poder manejar mejor los recursos como a factores epidemiológicos.

Además de los vacunadores se contrata a quienes desempeñan el cargo de programadores de ciclo, encargados de la parte logística y la distribución del personal durante el ciclo de vacunación.

Los vacunadores de la Sagán son personas contratadas para manejar imprevistos o reforzar zonas de vacunación, la que se realiza por medio de la empresa administradora de talento humano Admithel.

En la tabla 2 se resumen los costos fijos y las variables del programa de control y erradicación de brucelosis en el departamento de Nariño durante el año 2008.

La Fedegán entrega la vacuna cepa 19 a la Sagán sin costo alguno; por esta razón, desde la perspectiva de la Sagán, el costo es de cero pesos.

Tabla 2. Relación de costos anuales del programa de vacunación y erradicación de la brucelosis en el año 2008.

Tipo de costo	Subtotal (en pesos)	Total (en pesos)
Costos fijos	221.546.860	221.546.860
Costos variables		
Vacunadores Fedegán	425.156.800	
Programadores Fedegán	30.035.910	
Vacunadores Sagán	44.545.176	
Materiales de dotación vacunadores	18.250.700	
Registro en predios de animales vacunados	1.759.969	
Total costos variables	519.748.555	519.748.555
Total		741.295.415

Para deducir el costo de vacunación por animal se tuvieron en cuenta los costos totales, el número de programas y el número de terneras vacunadas en el 2008; y se dividieron en partes iguales los costos para los dos programas.

- Costos totales en el 2008 = \$741.295.415
- Número de terneras vacunadas en el 2008 = 30.358
- Costo de vacunación por animal = \$12.200

Resultados en salud y producción del programa de vacunación contra brucelosis

Al analizar los resultados en salud y producción se tomaron en cuenta los dos escenarios hipotéticos descritos en la metodología y los valores de la literatura con respecto al comportamiento natural de la enfermedad, representados en las tablas 1 y 3.

Tabla 3. Precios de referencia del 2008.

Ítems	Precio promedio (pesos)
Litro de leche (4)	700
Kilo de carne (5)	3.000
Valor de una vaca de 2 años (6)	2.500.000
Ternero/a recién nacido/a (6)	100.000

Fuente: Consulta personal y por Internet a profesionales de la región (23, 24, 25).

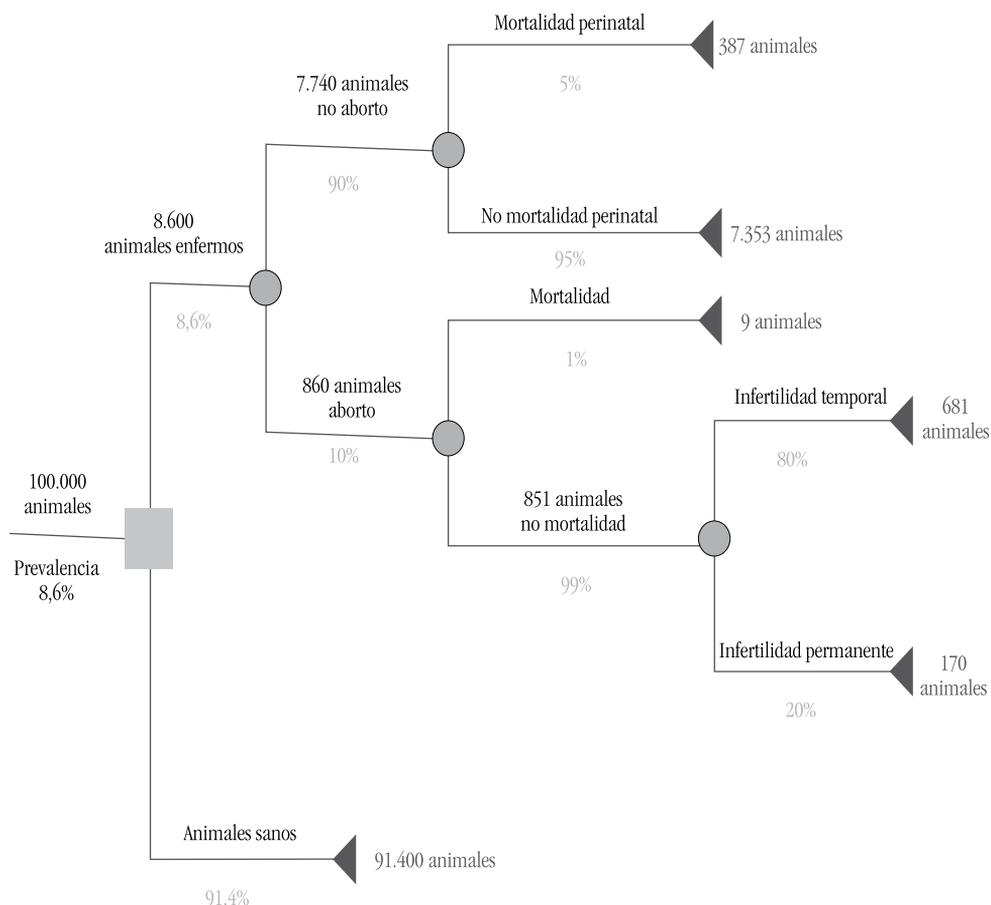


Figura 1. Escenario 1: Árbol de decisiones. Cohorte de 100.000 animales sin vacunar en un escenario de 8,6% con prevalencia de brucelosis.

Los resultados en salud y producción se obtuvieron con base en la prevalencia de la enfermedad registrada en el árbol de decisiones y para calcular su impacto económico se tuvo en cuenta el promedio de los precios descritos en la tabla 3.

La tabla 4 resume los costos de los escenarios 1 y 2; se observa que el programa de vacunación, comparado con el no vacunado, permite un ahorro de \$1.302.670.935.

En la tabla 5 se detalla la razón costo-efectividad incremental, apreciándose que en las variables el programa de vacunación es dominante, es decir, menos costoso y más efectivo.

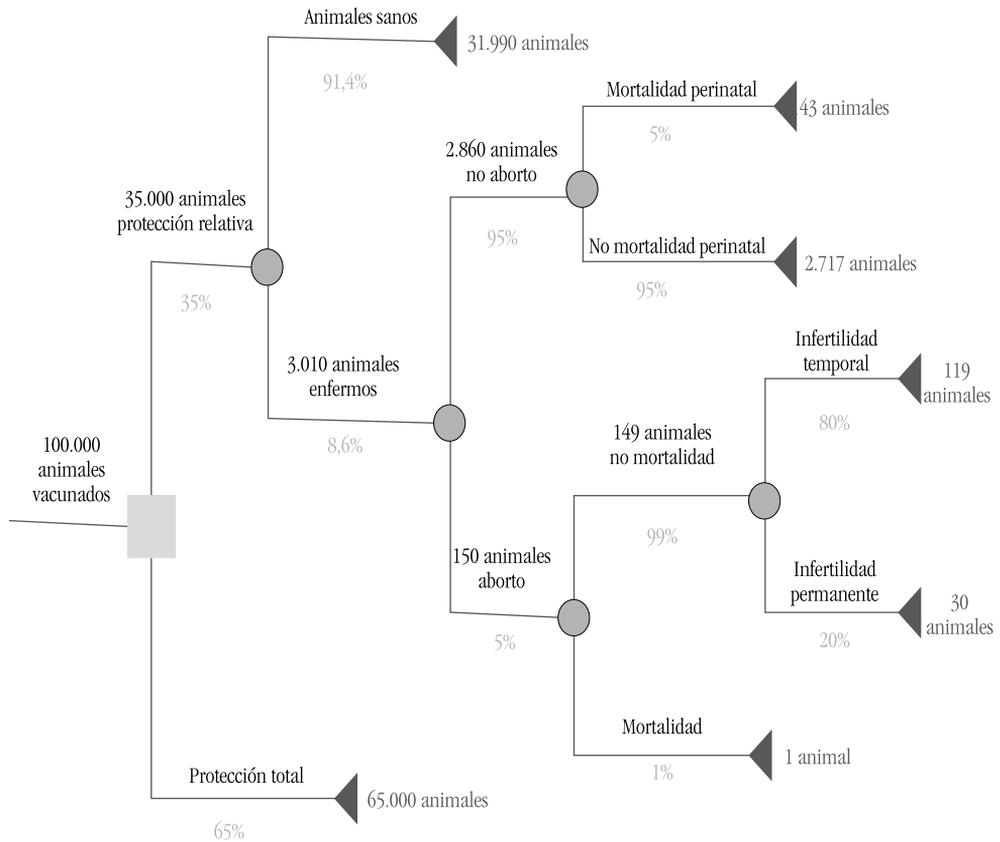


Figura 2. Escenario 2: Árbol de decisiones. Cohorte de 100.000 animales vacunados en un escenario de 8,6% con prevalencia de brucelosis en población de riesgo.

Tabla 4. Relación de costos de animales vacunados y sin vacunar.

Variables	Sin vacunar	Vacunados
Cobertura	0%	100%
Costo (\$) vacunación 100.000 animales	0	1.220.000.000
Abortos (\$)	86.000.000	15.000.000
Mortalidad en vacas (\$)	22.500.000	2.500.000
Infertilidad temporal (\$)	197.639.820	34.536.180
Pérdida por reposición (\$)	1.290.000.000	452.000.000
Mortalidad perinatal (\$)	38.700.000	14.300.000
Pérdida (\$) en producción de leche/año	1.518.334.300	531.417.005
Pérdida (\$) en producción de carne (vacas)	645.000.000	225.750.000
Total (\$)	3.798.174.120	2.495.503.185
Ahorro (\$) por vacunación		1.302.670.935

Tabla 5. Razón costo-efectividad incremental de las variables de estudio y tasa de descuento con prevalencia del 8,6%.

Variables	Costos con programa de vacunación (\$)	Costos sin programa de vacunación (\$)	Resultados en salud con programa	Resultados en salud sin programa	ICER (\$)	Tasa de descuento 8,6% (\$)
Aborto	2.480.503.185	3.712.174.120	150	860	1.734.748	1.635.166
Mortalidad en vacas	2.493.003.185	3.775.674.120	1	9	160.333.867	151.130.047
Infertilidad temporal	2.460.967.005	3.600.534.300	119	681	2.027.700	1.911.301
Infertilidad permanente	2.465.503.185	3.628.174.120	30	170	8.304.792	7.828.063
Reposición	2.043.503.185	2.508.174.120	452	1290	554.500	522.669
Mortalidad perinatal	2.481.203.185	3.759.474.120	143	387	5.238.815	4.938.086
Pérdidas en producción de leche/año (L)	1.964.086.180	2.279.839.820	759.167	2.169.049	224	211
Pérdidas en producción de carne (vacas) (Kg)	2.269.753.185	3.153.174.120	75.250	215.000	6.321	5.958
Vacas sanas	2.495.503.185	3.798.174.120	96.990	91.400	-233.036	-219.659

Adicional a lo señalado, el programa de vacunación permite obtener en esta cohorte 954 terneros vivos, comparada con la no vacunada, los cuales no se costearon porque la diferencia está dada por la mortalidad perinatal y los abortos.

Análisis de sensibilidad

Prevalencia

Para el análisis de sensibilidad se tuvo en cuenta un escenario hipotético en el cual la prevalencia de la enfermedad fuera menor que la descrita por la literatura; se propuso un valor de 5% y se realizó nuevamente el modelo económico (tabla 6).

Al efectuar el análisis de sensibilidad con una prevalencia de la enfermedad del 5%, vemos que el programa de vacunación es una estrategia dominante porque son menos costosas y más efectivas las variables: abortos, mortalidad de vacas, infertilidad temporal, mortalidad perinatal y pérdidas en producción de carne. En las variables reposición y pérdidas en producción de leche/año el programa de vacunación es más efectivo pero más costoso.

Precio de la leche

Se hizo análisis de sensibilidad al precio de la leche, variable de los resultados en salud con mayor impacto en los costos, se tenía como referencia un valor de \$700 el litro (22, 23, 24) y se estudió un escenario en el cual el precio fuera de \$350.

A pesar de una disminución de 50% del precio, se observa que existe un saldo a favor del programa de vacunación de \$727.660.467, lo cual muestra la robustez del modelo con respecto a la variable precio de la leche.

En la tabla 7 se aprecia que al realizar el análisis de sensibilidad con una prevalencia del 8,6% y una reducción del 50% en el precio de la leche el programa de vacunación es una estrategia dominante en las variables: abortos, mortalidad en vacas, infertilidad temporal, mortalidad perinatal, pérdidas en producción de leche/año y pérdidas en producción de carne. En la variable reposición es una alternativa más efectiva pero a su vez más costosa.

Tabla 6. Razón costo-efectividad incremental de las variables de estudio y tasa de descuento con prevalencia del 5%.

Variables	Costos con programa de vacunación (\$)	Costos sin programa de vacunación (\$)	Resultados en salud con programa	Resultados en salud sin programa	ICER (\$)	Tasa de descuento 5% (\$)
Aborto	1.953.828.775	2.157.679.620	88	500	494783	466381
Mortalidad en vacas	1.960.128.775	2.195.179.620	1	5	58762711	55389491
Infertilidad temporal	1.942.313.375	2.092.752.500	70	396	461469	434979
Infertilidad permanente	1.932.628.775	2.037.679.620	17	99	1281107	1207567
Reposición	1.700.128.775	1.457.679.620	262,5	750	-497331	-468782
Mortalidad perinatal	1.954.328.775	2.185.179.620	83	225	1625710	1532387
Pérdidas en producción de leche/año (L)	1.653.665.400	1.324.927.120	441376,25	1.261.075	-401	-378
Pérdidas en producción de carne (vacas) (Kg)	1.831.378.775	1.832.679.620	43750	125.000	16	15
Vacas sanas	2.207.679.620	1.962.628.775	98.250	95.000	75400	71071

Tabla 7. Razón costo-efectividad incremental de las variables de estudio con precio de la leche de \$350 y prevalencia del 8,6%.

Variables	Costos con programa de vacunación (\$)	Costos sin programa de vacunación (\$)	Resultados en salud con programa	Resultados en salud sin programa	ICER (\$)
Abortos	2.198.315.034	2.853.204.473	150,5	860	923.029
Mortalidad en vacas	2.209.602.534	2.917.704.473	1.505	8,6	99.802.951
Infertilidad temporal	2.196.068.503	2.840.367.150	119,196	681,12	1.146.593
Infertilidad permanente	2.183.365.034	2.769.204.473	29,799	170,28	4.170.239
Pérdida por reposición	1.761.865.034	1.649.204.473	451,5	1290	-134.359
Mortalidad perinatal	2.199.067.534	2.900.504.473	142,975	387	2.874.447
Pérdidas en producción de leche/año (L)	1.947.656.532	2.180.037.323	759167,15	2.169,049	165
Pérdidas en producción de carne (vacas) (Kg)	1.987.615.034	2.294.204.473	75250	215.000	2.193
Vacas sanas	2.207.679.620	1.962.628.775	96.990	91,400	43.837

Cobertura

Con respecto a la cobertura del programa de vacunación se analizaron varios escenarios, desde el 0% de cobertura hasta el 100% de ella, teniendo en cuenta los costos del programa de vacunación, con base en los resultados en salud, y los costos de la enfermedad, los cuales se compararon con la alternativa de no realizar el programa de vacunación, encontrándose que el programa de vacunación demuestra fortaleza, comparado con la alternativa de no vacunar.

Precio de la vacuna

Se analizó asimismo el programa de vacunación, como programa único, sin dividir los costos fijos con el programa de vacunación contra la aftosa.

En la tabla 8 se observa que el programa de vacunación, a pesar de asumir la totalidad de los costos fijos, sigue siendo una opción dominante en las variables: abortos, mortalidad en vacas y mortalidad perinatal, y es más efectivo pero más costoso en las variables: infertilidad temporal, infertilidad permanente, pérdida por reposición, pérdidas en producción de leche/año, pérdidas en producción de carne y vacas sanas.

Es importante resaltar que el programa de vacunación y erradicación en el presente estudio se modeló con el máximo de exigencia descrito en la literatura, se contó con la menor efectividad de la vacuna y los resultados en salud y producción más conservadores de la enfermedad.

DISCUSIÓN

El programa de control y erradicación de brucelosis en el departamento de Nariño, desde la perspectiva de la Sagán, en el escenario hipotético de una cohorte de 100.000 animales con prevalencia de la enfermedad del 8,6% y una cobertura del 100%, comparado con la alternativa de no vacunar, es una estrategia dominante (menos costosa y más efectiva).

Al realizar el análisis de sensibilidad con una prevalencia de la enfermedad del 5%, el programa de vacunación es también una estrategia dominante en las variables: abortos, mortalidad en vacas, infertilidad temporal, mortalidad perinatal y pérdidas en producción de carne. En las variables reposición y pérdidas en producción de leche/año el programa de vacunación es más efectivo pero a su vez más costoso, lo cual hace necesario que el tomador de decisiones establezca un umbral en estas variables.

Tabla 8. Razón costo-efectividad incremental de las variables de estudio con un precio de la vacuna de \$24.400 y prevalencia del 8,6%.

Variables	Costos con programa de vacunación (\$)	Costos sin programa de vacunación (\$)	Resultados en salud con programa	Resultados en salud sin programa	ICER	Tasa
Abortos	3.701.320.068	3.711.208.946	150,5	860	13.937	13.137
Mortalidad en vacas	3.712.607.568	3.775.708.946	1.505	8,6	8.893.781	8.383.241
Infertilidad temporal	3.681.777.005	3.599.534.300	119,196	681,12	-146.359	-137.957
Infertilidad permanente	3.686.370.068	3.627.208.946	29,799	170,28	-421.132	-396.957
Pérdida por reposición	3.264.870.068	2.507.208.946	451,5	1290	-903.591	-851.721
Mortalidad perinatal	3.702.072.568	3.758.508.946	142,975	387	231.272	217.996
Pérdidas en producción de leche/año (L)	3.184.953.063	2.278.874.646	759167,15	2.169.049	-642	-605
Pérdidas en producción de carne (vacas) (Kg)	3.490.620.068	3.152.208.946	75250	215.000	-2.421	-2.282
Vacas sanas	2.207.679.620	1.962.628.775	96.990	91.400	43.837	41.321

La principal variable desde el punto de vista económico es la pérdida en producción de leche/año, la cual, al ser sometida al análisis de sensibilidad reduciendo en un 50% el precio (\$350), permite concluir que el programa de vacunación es una estrategia dominante en las variables: abortos, mortalidad en vacas, infertilidad temporal, mortalidad perinatal, pérdidas en producción de leche/año y pérdidas en producción de carne. En la variable reposición es una alternativa costo-efectiva.

Con respecto al análisis de sensibilidad de cobertura del programa de control y erradicación de brucelosis en Nariño, este presenta fortaleza en los diferentes escenarios evaluados.

La evaluación económica hace énfasis en la alternativa de vacunar frente a no vacunar, y bajo este contexto se dan los resultados presentados en el estudio; sin embargo, si se quisiera ofrecer un contexto más amplio contemplando el efecto que puede tener un brote de la enfermedad sobre el comportamiento comercial en la frontera con Ecuador, esta sería una variable cuya medición es compleja y estaría a favor del programa de vacunación. El presente trabajo no contempló esta variable y podría considerarse como una debilidad de esta investigación, por lo cual se recomienda tenerla en cuenta en futuras evaluaciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a las universidades de Nariño y Nacional de Colombia, Fedegán, Sagán e ICA; a los médicos veterinarios y zootecnistas Álvaro Arturo y Ramón Correa; a los médicos veterinarios Andrés Medina, Juan Bernardo Serrano, Diana Sofía Benavides, Fabio Moreno y Jaime Orjuela; a Francisco Hinestrosa y Rafael González.

REFERENCIAS

1. Red láctea, Resolución 00119 de 2004, Consejo Nacional de la Calidad de la Leche, URL: <http://www.redlactea.org/normative/Resolucion%2000119%20de%202004.pdf>. Consultado en marzo de 2008.
2. M. Draghi, Brucelosis. Una enfermedad infecto-contagiosa, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina, URL: <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/carne/carnes03.pdf>. Consultado en diciembre de 2007.

3. H. Agüero, P. Gálmez, J. Urcelay, Análisis económico en salud animal, Monografías de medicina veterinaria, URL: <http://www.Monografiasveterinaria.uchile.cl/.../0,1420, SCID%253D7883%2526ISID...-26k>. Consultado en diciembre de 2007.
4. O. Mariño-Jannaut, Brucelosis: metodologías diagnósticas e interpretación de resultados, *MVZ Cordoba*, 5(1), 57-60 (2000).
5. E. Parra, “Situación de la brucelosis bovina en Colombia, tendencias y perspectivas”, tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2003, pp. 20-40.
6. Instituto Colombiano Agropecuario, Resolución 1192 de 2008, URL: <http://faolex.fao.org/docs/texts/col79438.doc>. Consultado en septiembre de 2008.
7. Fedegan, Acciones del Programa Nacional de Control y Erradicación, URL: http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/doc/PAGE/FNG_PORTLETS/PROGRAMAS/SANIDADANIMAL/BRUSELOSISBOVINA2/MASINFORMACION/ACCIONES.PDF. Consultado en septiembre de 2007.
8. F. Moreno, Instituto Colombiano Agropecuario, comunicación personal, 2009.
9. G. González, R. Patiño, Principales agentes infectocontagiosos del aborto e infertilidad en el ganado lechero de Nariño y alto Putumayo, URL: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061127144049Agentes%2520aborto%2520infertilidad%2520ganado%2520lechero.pdf. Consultado en junio de 2009.
10. M.E. Hugh-Jones, P.R. Ellis, M.R. Felton, “An assessment of the eradication of bovine brucellosis in England and Wales”, The University of Reading, Inglaterra, 1975.
11. T.E. Carpenter, The application of benefit-cost analysis to compare alternative approaches to the brucellosis problem in California, *New Techniques in Veterinary Epidemiology and Economics (ISVEE)*, 1, 12 (1976).
12. A.A. Shepherd, B.H. Simpson, R.M. Davidson, An economic evaluation of the New Zealand bovine brucellosis eradication scheme, *Tech Series*, OIE, 3, 69 (1982).
13. J. Gómez, La brucelosis en la ganadería de Almería. Primeras Jornadas sobre Brucelosis, Colegio Oficial de Veterinarios de Almería, Almería, 1986.

14. M.J. Murillo, La brucelosis en la provincia de Huesca: Estado actual y repercusión económica. Colección de Estudios Altoragoneses, Instituto de Estudios Altoragoneses, Huesca, España, 1989.
15. E. Parra, “Situación de la brucelosis bovina en Colombia, tendencias y perspectivas”, tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2003, pp. 35-40.
16. M.L. Wyble, D.C. Huffman, Economics of Brucellosis Eradication and Prevention Programs for Louisiana Beef Cattle Herds, *DAE Research Report* 762, 38 (1987).
17. R. Casas, Informe sobre vacunas y vacunación contra brucelosis bovina, Sociedad de Medicina Veterinaria del Uruguay, *Revista Veterinaria*, 38, 152-153 (julio-diciembre de 2003).
18. P. Abalos, Control de brucelosis bovina: alternativas de diagnósticos y vacunación, *Tecno VET*, año 2 (julio de 1995). URL: http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet_articulo/. Consultado en junio de 2009.
19. A. Pantoja, D. Ruiz, “Análisis retrospectivo de la seropositividad a brucelosis bovina diagnosticada en el centro de diagnóstico del Instituto Colombiano Agropecuario de Pasto mediante prueba de rosa de bengala, entre los años 1996-2004, determinando la asociación con los sistemas productivos y las zonas geográficas como posibles factores de riesgo”, tesis de grado, Universidad de Nariño, Pasto, 2005, pp. 20-40.
20. E. Padilla, L. Quintero, “Vacuna cepa 19: evaluación de la efectividad a diferentes concentraciones”, tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1988, pp. 18-36.
21. C. Robles. Comparación de la respuesta inmune humoral y celular de las vacunas *Brucella abortus* cepa RB51 y cepa 19 en vaquillonas Hereford de Patagonia y su interferencia con el diagnóstico serológico de la enfermedad, *Revista de Medicina Veterinaria*, 88(3), 102-106 (2007).
22. Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario. Reporte mensual de precios de leche cruda en finca, noviembre de 2008, URL: <http://www.cci.org.co/>, Consultado en agosto de 2008.
23. F. Moreno, Instituto Colombiano Agropecuario, comunicación personal, 2009.

24. F. Moreno, Instituto Colombiano Agropecuario, comunicación personal, 2009.
25. Fedegán, Estadísticas, sector ganadero. Colombia, ganado flaco, gordo, consulta bases históricas, URL: <http://www.fedegan.org.co>. Consultado en junio de 2009.
26. A. Bernués, E. Manrique, M.T. Maza, Economic evaluation of bovine brucellosis and tuberculosis eradication programmes in a mountain area of Spain, *Preventive Veterinary Medicine*, **30**, 137 (1997).