



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LA ERRADICACIÓN DE
TUBERCULOSIS BOVINA EN PREDIOS LECHEROS INFECTADOS**

Lunna Constanza Iturra Herrera

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción Animal.

PROFESOR GUÍA: Claus Köbrich Gruebler
Universidad de Chile

SANTIAGO, CHILE
2016



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LA ERRADICACIÓN DE
TUBERCULOSIS BOVINA EN PREDIOS LECHEROS INFECTADOS**

Lunna Constanza Iturra Herrera

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción Animal.

Nota final _____

Profesor Guía Dr. Claus Köbrich Gruebler _____

Profesor Corrector Dr. Mario Maino Menendez _____

Profesor Corrector Dr. Carlos Núñez Poblete _____

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo la estimación de las pérdidas económicas por tuberculosis bovina en predios lecheros infectados, para cuantificar y delimitar el impacto económico de esta enfermedad. En primera instancia, se formularon modelos de masas con variables técnicas y productivas propias de la Zona de Control y de la Zona de Erradicación con datos obtenidos de fuentes oficiales tales como el SAG, Tattersall, Consorcio Lechero, entre otras, los que se tabularon mediante el programa Microsoft Excel©. Luego con estos antecedentes se crearon los modelos económicos para estimar márgenes prediales, los que finalmente fueron sensibilizados.

Los resultados en la Zona de Control mostraron una sostenida e importante disminución en los índices prediales (margen predial, margen por vaca rebaño, margen por vaca lactante y margen por litro de leche) al llevar a cabo el programa sanitario, por lo que económicamente no resulta sustentable para los productores realizar este manejo. En la Zona de Erradicación la situación se repite con la diferencia que los márgenes se ven recuperados desde el cuarto año, este dato evidencia porque los productores rehúsan llevar a cabo los planes de eliminación del programa de control y erradicación de Tuberculosis Bovina, liderado por el SAG.

Las sensibilizaciones para ambas zonas, arrojaron que las variables +5% tasa de preñez acumulada, +5% producción láctea y +5% precio de leche fueron las más sensibles, es decir, son los parámetros que más afectados se ven a fluctuaciones.

Palabras clave: Tuberculosis bovina, erradicación, control, pérdidas económicas.

ABSTRACT

The objective of this research is the estimation of economic losses in dairy farms caused by bovine tuberculosis, in order to quantify and define the economic impact of this disease. First, models of productive and economic parameters had to be made with specific data from the control and eradication zones, this statistics were organized in charts on Microsoft Excel. After this, economic models were created of each dairy farm to estimate an inner predial range, which were sensitized afterwards.

The results obtained in the control zone showed an important decrease in the predial parameters after the sanitary plan was executed; therefore it is not economically sustainable for dairy farmers to perform this operation. Whilst, in the Eradication Zone the situation is the same, the difference resides in the recovery of the margins in the fourth year. Face to this fact, the reason why dairy producers decline to carry out the elimination of the bovine tuberculosis control and eradication program, can be determined.

The estimated sensitization for both zones through +5% cumulative pregnancy rate, +5% milk production and +5% milk price, which were the more susceptible variables, hence, those are the parameters most affected by fluctuations.

Keywords: Bovine tuberculosis, eradication, control, economic loss.

INTRODUCCIÓN

Entre las enfermedades infectocontagiosas de importancia para la producción nacional encuentra la tuberculosis bovina (TBB), su agente etiológico es el bacilo *Mycobacterium bovis*, es una enfermedad crónica siendo el ganado bovino su reservorio principal. Es de lenta evolución por lo cual la sintomatología clínica rara vez se manifiesta, quedando en un estado de latencia o subclínica.

La TBB es una enfermedad de distribución mundial, su prevalencia varía según la región o país, además, depende de condiciones tales como hacinamiento, alimentación, manejo y sanidad animal; así también de condiciones climáticas o ambientales. La distribución de TBB a nivel nacional es heterogénea, esto se debe principalmente a diferencias epidemiológicas y geográficas entre regiones, además, de los esfuerzos que cada zona ha desarrollado para vigilar y eliminar la enfermedad. Los primeros intentos de enfrentar la enfermedad fueron realizados por el Servicio Agrícola Ganadero (SAG), a comienzos de la década del 70, a través de un programa que no logró completarse. Posteriormente en 1982 se implementó el Programa Nacional de Certificación Sanitaria, de carácter voluntario en predios lecheros de la zona centro-sur del país, lo que permitió disminuir la prevalencia de TBB en los animales. En el año 2012, fue puesto en marcha el nuevo programa nacional de control y erradicación de tuberculosis bovina liderado por el SAG, el cual se basa en la compartimentación de proveedores de la industria láctea y la cooperación entre los servicios de salud animal, las organizaciones de productores lecheros, colegios agrícolas y plantas procesadoras de leche.

De acuerdo a la literatura existen se habla de múltiples consecuencias que limitan el desarrollo del sector lechero, tales como: a nivel predial los productores, sufren de una merma en sus ingresos, ya que no reciben los bonos que la industria entrega como incentivo para erradicar la enfermedad. Así también, en un plano nacional, esta enfermedad reduce las posibilidades de ampliar las exportaciones a países libres de TBB.

La conciencia y preocupación de los representantes del mundo lácteo ha cambiado drásticamente y este esfuerzo conjunto persigue garantizar un mercado de animales y sus productos libres de TBB, lo que conlleva una gran importancia económica alcanzando una mayor valoración de estos, además, del movimiento libre de los animales dentro de nuestras propias fronteras y hacia el exterior. Si bien todos los actores involucrados saben que erradicar la TBB es de suma importancia, hasta el momento existen barreras por parte de los productores para la puesta en marcha a cabalidad del proyecto, ya que se

encuentran temerosos frente a la idea de ver disminuidos sus ingresos al implementar las medidas de erradicación. Sin embargo, no existen estimaciones oficiales sobre las pérdidas anuales por TBB a nivel predial, por ello, es importante cuantificar y delimitar el impacto económico de esta enfermedad. A raíz de este desconocimiento el presente trabajo estará dirigido a analizar el impacto económico, con una proyección de 10 años, en predios con TBB, específicamente las pérdidas directas ocasionadas en predios chilenos.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Generalidades

La tuberculosis bovina (TBB) es una enfermedad causada por el agente *Mycobacterium bovis* (*M. bovis*). Su evolución es crónica, debido a esto pueden pasar meses o años hasta que el animal infectado muestre signos clínicos o muera, incluso los enfermos pueden mantener un estado subclínico aparentemente sanos (Reyes *et al.*, 2012).

La principal vía de transmisión de TBB en bovinos es aerógena, este mecanismo se ve favorecido por condiciones de manejo como: hacinamiento, uso de comederos y la sala de ordeña. La segunda vía de contagio es digestiva por consumo de pastos y alimentos contaminados, esta vía es muy importante en terneros cuando se los alimenta con leche cruda provenientes de vacas infectadas, se considera que entre el 1% y 2 % de las vacas tuberculosas eliminan *M. bovis* por leche. La tercera vía es la congénita (madre-feto), la cual puede ocurrir hasta en el 1% de las vacas afectadas (OIE, 2012; Reyes *et al.*, 2012).

La metodología más utilizada para detección en el rebaño es la prueba de la tuberculina, siendo prescrita por la OIE como prueba oficial para el comercio internacional del ganado (OIE, 2009). Las principales ventajas de ésta, es su bajo costo y alta disponibilidad. Sin embargo, poseen limitaciones como las dificultades en su administración y en la interpretación, la necesidad de una segunda visita para leer los resultados y un bajo grado de estandarización y exactitud (De la Rúa-Domenech *et al.*, 2006).

Signología y cuadro clínico

La forma de presentación de la enfermedad según sus síntomas puede ser subclínica o clínica. Con respecto a la infección subclínica, los signos que se evidencian son escasos, en 2010, Boland *et al.*, indicaron que un animal de alta producción al ser infectado con TBB no ve afectada su producción una lactancia más tarde. Sumado a esto, Salgado (1998) señaló que al relacionar positividad a la prueba de tuberculina cutánea (PAC) con indicadores de fertilidad, no se observa un efecto estadísticamente significativo sobre ninguno de los siguientes índices: lapso interparto, días abiertos, lapso postparto. Sin embargo mostró una disminución de un 4,4% en la tasa de preñez en bovinos positivos a PAC.

En su presentación clínica se observa un mayor número de órganos o sistemas afectados. Los signos mayormente descritos son los generalizados e inespecíficos, tales como: debilidad, pérdida de apetito, pérdida de peso, fiebre fluctuante, tos seca

intermitente y linfonódulos grandes y prominentes. En el ámbito de la producción láctea múltiples autores describen una disminución en la producción, la que varía de un 6% a un 15%, además, se evidenció que la duración de las lactancias disminuye a la mitad a partir de séptima lactancia, es decir, si el animal se mantiene en el predio el promedio de 270 días, se reduce a 131 a partir de la séptima lactancia (Smolyaninov y Martinov, 1982; Manorma *et al.*, 1993; SENASA, 2006). En cuanto a parámetros reproductivos un estudio realizado en Argentina por SENASA (2006), revela una disminución de la fertilidad en un 6%, y esterilidad en vacas tuberculosas aumenta entre el 5 y 10%, Smolyaninov y Martinov (1982), señalan una baja en la tasa de reproducción de un 6,5%. Además, estimó que aproximadamente el 5% de las vacas tuberculosas presentan lesiones del útero o metritis, especialmente en casos avanzados. La presentación de mastitis tuberculosa fluctúa entre un 1% y 2%. En relación al ternero un estudio realizado por Manorma *et al.*, (1993), indicaron que el peso del ternero al nacimiento disminuye en un 34% a 42%, por su parte SENASA indica que se produce un lento aumento del peso del animal o disminución gradual del mismo (caquexia), perdiendo en promedio el 15% del peso normal (De la Rúa-Domenech *et al.*, 2006).

Un dato relevante frente a la proporción de enfermos clínicos en un población infectada lo entregan McLloy *et al.*, (1986), quienes señalan que del total de animales positivos a pruebas de detección solo un 1% a 2% llegan a cursar el cuadro clínico, lo que refleja la cronicidad de la enfermedad, dado que en muchos sistemas productivos los animales no viven lo suficiente para que la enfermedad se desencadene clínicamente.

Importancia de la tuberculosis bovina

La TBB es una enfermedad de distribución mundial que afecta al ganado bovino, la cual reviste una gran importancia económica y sanitaria en los países afectados (Abalos y Retamal, 2004). Dentro de las principales consecuencias se presenta una marcada limitación en el comercio internacional de productos lácteos, debido a los altos estándares que poseen los países declarados libres. Frente al escenario de la globalización, cobra una gran importancia la integración comercial y la creación de fuertes lazos comerciales para el intercambio de productos (OIE, 2012). Además, esta enfermedad posee un carácter zoonótico, por lo que resulta una preocupación fundamental en la salud pública, actualmente es poco frecuente en países donde se produce leche pasteurizada y se implementan programas de sanitarios. Sin embargo, la enfermedad continúa informándose en zonas donde los controles de son precarios (SAG, 2008; OIE, 2010).

También podemos observar que los animales que cursan esta enfermedad provocan una disminución en la productividad de los rebaños infectados no desarrollando todo su potencial productivo, esto se manifiesta en decomisos, aplicación de pruebas de tuberculina, medidas de manejo y eliminación de animales de alto nivel productivo (SAG, 2008). Sumado a esto, se puede apreciar la pérdida de beneficios económicos alcanzados por los productores, donde la industria reconoce el esfuerzo de sus proveedores, entregando un incentivo económico para aquellos predios que mantienen una condición certificada de libres o en proceso de control de TBB (Michel *et al.*, 2010).

Situación internacional

Países pertenecientes a la Unión Europea, América del Norte y Oceanía, han invertido cuantiosos recursos en esta enfermedad, llegando a ser declarados libres o con prevalencias menores a un 0,5% (OIE, 2012). En países en vías de desarrollo la situación es completamente distinta, la enfermedad se caracteriza por tener un patrón endémico, cuya prevalencia es variable dependiendo de las áreas geográficas y tipos de producción. Las prevalencia más elevadas se registran en África y ciertas partes de Asia (OIE, 2012). En América Latina y el Caribe, un 70% de las zonas poseen tasas de infección superiores al 1%, concentrada especialmente en ganado bovino lechero. Sin embargo, en gran parte de la región existen medidas para el control o erradicación, lo que demuestra que es de interés común llegar a un estatus sanitario libre (Kantor y Ritacco, 2006; OCDE-FAO, 2011).

Datos entregados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la FAO en el año 2011, dan a conocer la producción láctea por país, siendo los países que lideran esta lista modelos de comparación con respecto a las situaciones epidemiológicas. En primer lugar se encuentran los EE. UU. con un 15% de producción, quien mantiene desde el año 1917 un programa de erradicación, a través de éste han logrado llegar a una prevalencia extremadamente baja para predios lecheros (0.006- 0.001%); sin embargo, han detectado casos esporádicos en los estados de California y Michigan, lo que les impide ser declarados libres (Palmer y Waters, 2011; Grear *et al.*, 2014). Cabe destacar a Nueva Zelanda, a pesar de no estar dentro de los primeros lugares de producción, es el mayor exportador lácteo a nivel mundial, es decir, de su producción total anual más de 70% se destina a países asiáticos y de la Unión Europea (USDA, 2014), si bien su prevalencia es menor a un 1%, la fauna silvestre juega un papel importante como reservorio impidiendo que sea declarado libre (OIE, 2010).

Situación nacional

En Chile la TBB es una enfermedad de carácter endémico y la prevalencia dentro del territorio es heterogénea. Durante el año 2004 se efectuó un estudio observacional con el fin de realizar un diagnóstico de la situación de TBB en bovinos lecheros, que mostró en la Región de Valparaíso prevalencias prediales 63,8%, en la Región de O'Higgins 48%, en la Región del Maule 40,4% y en la Región Metropolitana 71,8%. Entre los años 2002 y 2004 en la Región del Biobío, se realizó un muestreo a 1.382 rebaños, encontrándose el 21% infectado. En la Región de Aysén desde el año 2004 se han chequeado rebaños, encontrándose el 7,65% de los rebaños reactores y en la Región de Magallanes entre los años 2005 y 2006 no se han encontrado animales reactores (SAG, 2008).

Estas diferencias epidemiológicas se deben a las características de las explotaciones de cada zona. Además de algunas variables facilitadoras que determinan la naturaleza de las producciones, como es el grado de intensificación de la explotación. Adicionalmente, están documentados los esfuerzos que desde hace años los productores del sector lechero de la zona sur realizan como procedimientos para el control de TBB (SAG, 2011).

Debido a esta realidad el SAG decidió compartimentalizar al país, es decir, establecer y mantener poblaciones de animales con un estatus sanitario distinto, concentrando sus acciones en el manejo y bioseguridad a nivel país, como por ejemplo barreras de control en el paso de un sector de mayor prevalencia a uno de menor prevalencia (SAG, 2012). Para establecer un compartimento, se requiere definirlo adecuadamente e incluir la localización de sus componentes, se deben conocer las fuentes de riesgo de infección y la condición sanitaria de los rebaños colindantes. Se requiere el desarrollo de un plan de bioseguridad, así como la mantención de un sistema de trazabilidad (OIE, 2010; SAG, 2011). La ventaja de poseer compartimentos reconocidos sin la presencia de TBB, es que al momento de exportar los productos son considerados por sus socios comerciales de igual manera que si proviniesen de un país libre (Scott *et al.*, 2006).

Según estos datos se pueden identificar dos grandes zonas epidemiológicas:

Zona de Erradicación (ZE): La presentación de TBB es de carácter esporádico, existiendo incluso áreas sin infección. Comprende a la Provincia de Arauco de la Región del Biobío y las regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes. Aquí se encuentra aproximadamente el 72% de los bovinos del país, siendo la región de Los Lagos donde se encuentra un 61,5%. Esta zona implica un mayor impacto en la actividad

pecuaria, por ello, el objetivo en ese territorio consiste en llegar a una prevalencia de cero y ser declarada como zona libre de la enfermedad (Reyes *et al.*, 2012; SAG, 2012).

Zona de Control (ZC): En ella se encuentran altas prevalencias prediales e intra-rebaño. Abarca la Región del Biobío (excepto la provincia de Arauco), Maule, O'Higgins, Metropolitana, Valparaíso, Coquimbo, Atacama, Antofagasta, Tarapacá y Arica-Parinacota. Se encuentran alrededor del 28% de la población de bovinos, lo que implica un impacto menor en la actividad pecuaria nacional (Reyes *et al.*, 2012; SAG, 2012).

Programa sanitario de control y erradicación

Debido a las implicancias de la enfermedad, son importantes los esfuerzos en su control y erradicación. Los primeros intentos de enfrentar la enfermedad en forma organizada se encuentran en el Plan Decenal de Salud Animal, elaborado por el SAG a comienzos de la década del 70, el que no logró implementarse. En el año 1982, con una duración de quince años, una iniciativa en la zona sur logró reducir la prevalencia, especialmente en la Región de Los Lagos de un 21,7% a un 7,7% (SAG, 2008). A inicios de 2000, a través de un bono sanitario, la industria láctea decidió incentivar a sus proveedores para que obtuviesen la certificación sanitaria de libres de esta enfermedad. Ese mismo año el SAG diseñó un proyecto nacional de control y erradicación que no contó con el respaldo de organizaciones de ganaderos (Reyes *et al.*, 2012). En el año 2012 comenzó la puesta en marcha del nuevo programa nacional de control y erradicación de TBB (SAG, 2012). El proyecto plantea mejorar las condiciones sanitarias del país a partir de una focalización de los esfuerzos en el sector lácteo y especialmente en el de exportación de estos productos. Asimismo, el proyecto propone el control obligatorio de la TBB en la ZE, aplicado en distintas etapas considerando la distribución geográfica de la población bovina y la prevalencia de la enfermedad (Reyes *et al.*, 2012; SAG, 2012).

El programa sanitario está basado en tres acciones fundamentales: la detección de los animales infectados, su aislamiento o eliminación y la protección de los animales sanos (SAG, 2008). Las dificultades que entrañan estas acciones se encuentran en el ámbito monetario, principalmente enfocado en la eliminación de los animales, para esto los productores pueden postular a un beneficio económico entregado por el SAG, sin embargo, está enfocado solo para la ZE y favorece a un número determinado de los postulantes (Reyes *et al.*, 2012).

Pérdidas por tuberculosis bovina

En todo el proceso es de gran importancia la evaluación económica de las pérdidas derivadas de los impactos de la TBB y de las medidas implementadas en consecuencia de la enfermedad. En términos económicos existen dos posibles categorías para definir las pérdidas. Las directas en que la enfermedad afecta plenamente el proceso de producción, ya sea destruyendo el recurso básico o mermando la eficiencia del proceso, pudiendo reducir la cantidad o calidad del producto. Por ejemplo en la TBB clínica podemos encontrar la baja en la producción láctea. Las pérdidas indirectas, que hacen relación de los costos en que incurren los productores o empresas productivas asociados a una enfermedad, en muchas ocasiones son incurridos para evitar o reducir la incidencia o el impacto productivo de la enfermedad, como por ejemplo la bioseguridad, (implementación de medidas que permitan reducir el riesgo de que un agente infeccioso se introduzca y se disemine en un rebaño, incluyendo vacunación, segregación de los animales infectados, cuarentenas, creación de barreras para limitar la entrada de animales de riesgo, limpieza y desinfección de los materiales utilizados, como equipos y vehículos), y el menoscabo del bienestar humano (efectos zoonóticos y alteración de los patrones de consumo) (Rice, 1968; Otte y Chilonda, 2000).

A partir del año 2004 Chile definió una nueva estrategia política y económica, estimulando la apertura de mercados y la firma de tratados comerciales con los países desarrollados. Desde ese momento el país se ha transformado en un exportador neto de leche y sus subproductos, sin embargo esto no se puede desarrollar a cabalidad por no contar con la certificación de zonas libres (Ábalos y Retamal, 2004; SAG, 2011). El sector lechero nacional se encuentra en una etapa en la cual enfrenta el desafío de crecer fuertemente, con el fin de aprovechar las oportunidades generadas por las crecientes demandas del mercado. La industria láctea tiene una unanimidad de pensamiento en el sentido que la TBB es una de las enfermedades de carácter urgente para su control, su presencia es una limitante de la potencialidad del sector y es un factor de competitividad en el comercio internacional de productos y subproductos lácteos (SAG, 2011).

Debido a la carencia de antecedentes sobre las pérdidas económicas producidas por la TBB en Chile, la presente memoria de título investigará el impacto económico que conlleva a un predio lechero tener TBB en su plantel, asociado a las pérdidas que ella le produce. En todo el proceso es de gran importancia la evaluación económica de los costos directos e indirectos derivados de los impactos y de las medidas implementadas.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto económico de la erradicación de tuberculosis bovina en predios lecheros.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar los ingresos y costos de la producción lechera, mediante la construcción de un modelo predial.
2. Evaluar las pérdidas directas de la tuberculosis bovina en un predio lechero.
3. Analizar los factores que determinan de forma más relevante las pérdidas asociadas a tuberculosis bovina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tanto para la ZE como para la ZC se definió un predio tipo, que permitiese simular el comportamiento productivo y los resultados económicos de predios con TBB en la zona. Con este fin se construyó un modelo predial que simuló la composición del rebaño lechero en el tiempo (desarrollo de masa) y, a partir de este un modelo económico, que estimó los ingresos y egresos prediales. A estos predios simulados, que fueron llamados Modelo Base ZE y Modelo Base ZC se les instauró un programa sanitario para la erradicación de la enfermedad y se generó el Modelo Con Programa. Finalmente, para evaluar el impacto de la enfermedad se calculó la diferencia de ambos modelos (Base y Con Programa) en cada una de las zonas. Por último, se realizó un análisis de sensibilidad evaluando los modelos en diferentes escenarios económicos y productivos. A continuación se describe en detalle la metodología desarrollada.

1. Modelo de desarrollo de masa

En una planilla Microsoft Excel© 2010, se creó un modelo de desarrollo de masa anual para dos predios tipo (ZE y ZC), el cual tuvo variaciones dependiendo de la ubicación geográfica. La construcción de estos modelos consideró la definición de situación epidemiológica, categorías de animales y parámetros técnicos que determinan el comportamiento productivo y reproductivo de estos rebaños.

Para la ZE se modeló un predio con un sistema extensivo con un rebaño base de 250 animales, el que privilegia la producción por hectárea con utilización de pradera como base de alimentación, con un clima templado lluvioso, pluviometrías que se encuentran en los rangos de 1. 000 a 2. 200 mm (Navarro, 2007; Carrillo *et al.*, 2011; Consorcio Lechero, 2014). Con respecto a las construcciones se consideró una sala de ordeña y galpón de terneras y maternidad (Lobos *et al.*, 2001). Para la ZC se modeló un predio con un sistema intensivo con un rebaño de 500 animales en estabulación permanente con patio de alimentación en base a soiling o forraje conservado con suplementación de concentrado y subproductos agrícolas. Se caracteriza por tener una menor superficie disponible para la producción. Es una zona de clima cálido y pluviometrías que fluctúan entre los 300 a 1. 000 mm (Consorcio Lechero, 2014). Cuenta con en sala de ordeña, patio de espera, silo, patio de alimentación y galpón de terneras y maternidad (Lobos *et al.*, 2001; Carrillo *et al.*, 2011). En ambos predios el método de ordeña es mecanizado, dos veces al día, y se utiliza inseminación artificial (Lobos *et al.*, 2001).

Los parámetros técnicos fueron obtenidos de fuentes de información oficial (ODEPA, SAG, etc.), de organizaciones vinculadas al rubro (Consortio Lechero, Tattersal, etc.), la opinión de expertos en la producción de bovinos de leche y bibliografía científica nacional e internacional. Los índices reproductivos utilizados según zona epidemiológica se presentan en el Cuadro 1 y los índices productivos en el Cuadro 2.

Cuadro 1: Parámetros reproductivos en la Zona de Erradicación y Zona de Control.

Parámetro	Descripción	ZE	ZC
Tasa de preñez acumulada (TPa)	Proporción de animales que se preñaron antes de los 100 días de lactancia en forma acumulada, lograda en 3 ciclos. <ul style="list-style-type: none"> TBB animales sanos 	Vaquillas 90% ³ 1° parto 90% 2° 90% 3° 85% 4° 75% 5° 70%	85% ³ 85% 85% 80% 70% 65%
	<ul style="list-style-type: none"> TBB subclínica: el parámetro muestra un aumento de 4,4%. 	Vaquillas 85,6% ⁵ 1° parto 85,6% 2° 85,6% 3° 81,6% 4° 70,6% 5° 65,6%	80,6% ⁵ 80,6% 80,6% 75,6% 65,6% 60,6%
Tasa de abortos (TA)	Es la relación del número de abortos y el número de partos obtenidos en un determinado periodo.	Vaquillas 3% ¹ 1° parto 1% 2° 1% 3° 1% 4° 1% 5° 1%	3% ¹ 1% 1% 1% 1% 1%
Índice coital (IC)	Promedio servicios por hembra preñada: <ul style="list-style-type: none"> TBB subclínica y animales sanos 	1,7 ⁴	1,9 ⁴
	<ul style="list-style-type: none"> TBB clínica: se observa un aumento de 5% en el parámetro. 	1,8 ⁶	2,0 ⁶
Lapso interparto (LIP)	Tiempo transcurrido entre dos partos sucesivos de una hembra.	12 meses ²	12 meses ²
Periodo seco (PS)	Periodo desde que la vaca lactante cesa su producción hasta el momento del parto.	3 meses ²	3 meses ²
Inseminación artificial (IA)	Periodo en el cual se llevan a cabo un máximo de 4 inseminaciones por hembra.	2,5 meses ²	2,5 meses ²

¹ Amenabar, 2009; ² Consortio lechero, 2012; ³ COOPRINSEM, 2009; ⁴ Haro, 2014; ⁵ Salgado, 1998

⁶ Smolyaninov y Martinov, 1982

Cuadro 2: Parámetros productivos en la Zona de Erradicación y Zona de Control.

Parámetro	Descripción	ZE	ZC
TBB intrapredial	Porcentaje de animales positivos a PAC.	5%	50%
Tasa de desecho animales	Es la proporción de vientres vivos que se retiran del predio en cada año, no reuniendo las características deseables de producción.	Terneras 2,5% Vaquillas 10% 1° parto 10% 2° 20% 3° 35% 4° 50% 5° 100%	2,5% 10% 10% 20% 35% 50% 100%
Vida útil	Periodo productivo del animal.	2,41 años	2,41 años
Tasa de mortalidad	Porcentaje de muertes según categoría:	Terneras 7% ² Vaquillas 2% Vacas 1%	6% ² 2% 1%
Crecimiento Predial	Porcentaje en que el predio aumenta el número de animales en producción.	4%	4%
Días lactancia	Periodo de producción de leche.	6 meses ²	6 meses ²
Producción de leche	Litros de leche producidos por lactancia. • TBB subclínica y animales sanos	1° lactancia 3000 ⁵ 2° 4000 3° 5000 4° 6000 5° 7000	5000 ⁵ 6000 7000 8000 9000
	• TBB clínica: se observa una disminución de un 10% de la producción por litro de leche.	1° lactancia 2700 ⁴ 2° 3600 3° 4500 4° 5400 5° 6300	4500 ⁴ 5400 6300 7200 8100
Producción de grasa	Porcentaje de grasa obtenida en la leche. Constituye la fracción energética de la leche, variable según lactancia.	1° lactancia 3,1% ⁸ 2° 3,2% 3° 3,3% 4° 3,4% 5° 3,5%	3,1% ⁸ 3,2% 3,3% 3,4% 3,5%
Producción de proteína	Comprende la fracción proteica de la leche.	1° lactancia 3,4% ^{2,8} 2° 3,5% 3° 3,6% 4° 3,7% 5° 3,8%	3,4% ^{3,8} 3,5% 3,6% 3,7% 3,8%
Desecho lácteo	Porcentaje de leche que no llega a planta: • TBB subclínica y animales sanos	0,05% ⁵	0,1% ⁵
	• TBB clínica: se aprecia aumento de 1% en mastitis.	1,05% ⁶	1,1% ⁶

¹Cassidy ,1998; ²COOPRINSEM; ³Consortio lechero, 2012; ⁴Manorma *et al.*, 1993; ⁵SENASA, 2006;

⁶Smolyaninov y Martinov, 1982; ⁷Uribe *et al.*, 2012; ⁸Valderrama, 2012.

1. Modelos Económicos

A partir de estos modelos, se estimó la producción y el flujo de fondos. Las variables de entrada (productivas y reproductivas) se combinaron con variables económicas, como precios de insumos y productos, para obtener variables de salida que cuantificaron la eficiencia predial para un año calendario. Para estos cálculos se utilizaron los precios vigentes al momento de la evaluación, siendo todos los valores expresados en pesos chilenos (CLP).

1.1 Ingresos

Los ingresos constan de dos grandes componentes: las entradas lácteas y las ventas de animales. En cuanto a los ingresos lácteos, están constituidos por el volumen de leche vendida a planta, porcentaje de grasa y de proteína, y las bonificaciones (producción anual, predio libre de TBB, brucelosis bovina y leucosis enzoótica bovina). Los valores fueron estimados utilizando las pautas de pago de la industria (PROLESUR, 2015). El volumen de leche se consideró con un precio base de \$118,87 por litro de leche en la Región de los Lagos y de \$143,59, para las zonas comprendidas entre Santiago y San Fernando, ambos valores considerando un 3,00% p/v de materia grasa y 3,00% p/v de proteínas. Con respecto a la bonificación láctea libre de TBB existe una diferencia sustancial entre zonas epidemiológicas, para la ZE la bonificación es exclusiva para los predios declarados libres por el SAG y es de un 5%; en la ZC el beneficio depende del grado de infección del predio, variando de un 8% cuando es predio libre, a un 3,2% en predios infectados por TBB que presentan una disminución de 1,75 y 3,49 unidades de porcentaje de un control a otro. En cuanto a la venta de animales se consideró la venta de terneras, terneros, vaquillas y vacas, los precios son los entregados por las ferias de ganado Tattersal de cada zona.

1.2 Egresos

Sólo se consideraron los costos que eventualmente se podrían afectar por la posterior implementación de un programa de erradicación y control. Estos son los costos variables de alimentación, pérdidas por mortalidad e insumos veterinarios y los costos fijos de mano de obra e infraestructura.

El principal costo dentro de la producción animal es la alimentación; los requerimientos deben ser cubiertos dependiendo de la edad y etapa fisiológica del animal. Mediante los datos otorgados por el Consorcio Lechero se calculó el costo de alimentación de cada vaca lactante según la zona del país (Consorcio Lechero, 2011). Dado que los costos

estaban expresados por litro de leche fue necesario estimar éstos para las categorías cría, recria y vaca seca, este cálculo se realizó tomando como referencia los requerimientos nutricionales proporcionados por NRC (2001), en una tabla comparativa se registraron los requerimientos de Mcal y proteína cruda de cada categoría, a partir de la relación entre los requerimientos nutricionales de cada categoría y vacas lactante, se estimó cuál sería el costo de la alimentación en las categorías faltantes.

En cuanto a las pérdidas por mortalidad, los animales fueron valorados según los precios de la feria ganadera Tattersal Puerto Varas y Melipilla del 25 de Junio de 2015. Los insumos veterinarios tales como pruebas de tuberculina, pajuelas de inseminación e insumos asociados a la inseminación artificial (IA) fueron determinados según precio de mercado. El personal considerado incluyó jornaleros (en proporción de un trabajador por cada 100 animales en la ZE y uno por cada 50 en la ZC) con una remuneración mensual, sumada a un bono de producción que fluctuó entre 2 y 3% de las ventas según meta cumplida a repartir entre los trabajadores del predio (Lobos *et al.*, 2001), el inseminador con una tarifa por hembra preñada, y tres visitas anuales del médico veterinario.

2. Validación de los Modelos Base

La validación es el proceso de determinar si el modelo, como abstracción, es una buena representación del sistema sin errores, de esta forma obtener un grado de confianza en el mismo para el fin al que se destina. Para este modelo el proceso fue doble, con una validación interna y una externa. La validación interna mostró modelos de masa estables en el tiempo, con un crecimiento predial acotado a un 4% y enmarcado por la tasa de reemplazo constante. Se crearon límites en su estructura para el crecimiento y mantención de animales, las principales premisas que mantienen el modelo estable son la inexistencia de números negativos, la incorporación de animales no es mayor a la cantidad de animales que existan para reemplazo. Su contraparte externa se centró, fundamentalmente, en la comparación de los márgenes por litro de leche del modelo con los entregados por el Consorcio Lechero, es decir, la validación empírica que se efectuó para comparar las predicciones del modelo con observaciones provenientes del mundo real.

3. Evaluación del impacto en predios con TBB

Luego de la creación de los Modelos Base y Modelos Con Programa sanitario, que implicó cambios en los costos variables, parámetros técnicos, productivos, infraestructura y bioseguridad, se realizó una comparación de éstos y la diferencia entre ambos flujos estimó los beneficios y costos del control o erradicación de TBB. La estrategia en la ZE consistió en la eliminación anual de la totalidad de los animales positivos a PAC, esto significa que se descartó del predio el 5% de los animales. Además, se consideró que al año siguiente de la eliminación existirá un 0,05% de animales que volverán a ser positivos, los que serán eliminados inmediatamente. En el caso de la ZC la estrategia es diferente, la eliminación de animales se realizó de forma paulatina por 5 años consecutivos, la tasa de eliminación fue de 10%, 20%, 35% y 50% correspondiente a cada año. También se consideró una reincidencia de la enfermedad en un 1% de infección intrapredial. A continuación se describe el efecto de estas estrategias sobre costos e ingresos

3.1 Costos variables modificados

Los principales cambios realizados en los Modelos Bases se ligaron a cinco puntos de acción. El primer punto se basó en el aumento de la tasa de eliminación, ya que en el programa de control o erradicación de TBB los predios deben realizar una eliminación de animales, correspondientes a la totalidad de animales clasificados como reactivos. En el caso de la ZC los productores pueden no eliminarlos, sin embargo, en la ZE es obligación que esos animales salgan del predio (SAG, 2008). El segundo punto se realizó un aumento de las medidas de bioseguridad para evitar la propagación de TBB a animales sanos dentro del predio. Para ellos se desarrolló una estrategia que abarcara la detección de infectados, cuarentena de animales con presencia de TBB, inicio de saneamiento de rebaños y eliminación de animales reactivos, sumando al control de movimiento de animales. Debido a esto en los predios afectados se simuló la construcción de comederos, bebederos y galpones extra para albergar a los animales infectados. El tercer punto consideró un aumento de los costos asociados al proceso de preñez, esto debido a la disminución en la fertilidad por metritis con la subsecuente dificultad en la concepción o abortos en el tercer tercio de la gestación, presencia de mortinatos y vaginitis crónica con secreción purulenta. Como cuarto punto se aumentó la cantidad de mano de obra, por la nueva segregación de animal y disminución de la fertilidad. Finalmente, en el quinto punto, se modificaron los porcentajes de bonificación láctea según la presencia o ausencia de TBB predial.

4. 2 Indicadores económicos

Para estimar las pérdidas anuales se calculó margen predial (MgP), margen por vaca rebaño (MgVR), margen por vaca lactante (MgVL) y margen por litro de leche (MgL), de la siguiente manera:

MgP (margen predial), diferencia obtenida al restar los costos de ingresos prediales totales, calculados para un cierto período contable:

$$MgP = I - Cv$$

MgVR (margen por vaca rebaño), es el margen que obtiene el predio por cada animal en el rebaño:

$$MgVR = \frac{MgP}{Nt}$$

MgVL (margen por vaca lactante) margen predial obtenido por cada vaca lactante:

$$MgVL = \frac{MgP}{Nlact}$$

MgL (margen por litro de leche) margen predial dividido por los litros totales de leche producidos:

$$MgL = \frac{MgP}{Lt}$$

Donde:

I son los ingresos; *Cv* son los costos variables; *Nt* es el número total de animales del rebaño; *Nlact* es el número de hembras lactantes del rebaño; *Lt* son los litros totales de leche que se envían a planta.

4. Evaluación económica

Para estimar la rentabilidad del programa de control o erradicación, se calculó los indicadores VAN y TIR, procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja, futuros o en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial.

Por último se realizó un análisis de sensibilidad, los índices analizadas fueron tasa de preñez acumulada (TPa), precio de la leche (\$ leche) y producción de leche, éstos fueron variados aumentado en un 5% y disminuyendo el mismo porcentaje. De esta forma se generó un conjunto de escenarios de evaluación económica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Análisis económico Zona de Erradicación

Con respecto a la verificación interna del modelo, el desarrollo de masa es estable para ambos modelos (Base y Con Programa), poseen una estructura de rebaño que se mantiene en el tiempo con la posibilidad de aumentar su número de animales según el crecimiento predial acotado, detallado en el cuadro 2. El Modelo Base satisface el crecimiento anual establecido, logrando reemplazar a los animales de desecho y vender el excedente de animales, tomando en consideración que el predio mantiene animales positivos a TBB dentro de su producción. En el caso del Modelo Con Programa el crecimiento se ve anulado en el segundo año al necesitar un mayor número de animales de reemplazo, debido al aumento de desecho de bovinos al ser diagnosticados con la enfermedad, en el tercer año se observa una estabilización en el modelo, logrando equipararse con el Modelo Base y así mantenerse constante y equilibrado (Anexo 1; anexo 3). Su contraparte de validación externa se centra en margen por litro, datos obtenidos de Consorcio Lechero (2014) muestran que el costo por litro de leche de un productor de la zona sur sufre una variación del costo entre \$17 a un \$20, siendo congruente con los valores de los modelos, recalcando que éstos no consideran todos los costos fijos, por esto resultan mayores.

Por su parte, en el análisis económico de margen predial, margen por vaca rebaño, margen por vaca lactante y margen por litro de leche (Tabla 1), se observa en el segundo año una disminución importante en éstos para el Modelo Con Programa de erradicación. Esta situación es consecuente al inicio del programa de eliminación de la enfermedad, donde se descarta obligatoriamente la totalidad de animales enfermos, que en este caso es el 5% de los bovinos. Existen tres puntos relevantes que explican esta disminución: el primero es el castigo del bono lácteo que entrega la industria a predios libres de TBB, en la ZE corresponde al equivalente del 5% de los litros de leche vendidos a planta. El segundo, es una disminución en la cantidad de animales que mantiene el predio, debido al programa sanitario puesto en marcha desde el segundo año, esto conlleva a una reducción en los litros de leche producidos en planta. El tercero por consecuencia del anterior, es la disminución en la venta de animales, el modelo puede autoabastecer los bovinos que deben ser retirados del predio sin necesidad de incurrir en gastos extra para mantener su número inicial, sin embargo, es notoria la falta del ítem ventas, en comparación al Modelo económico Base (Anexo 2).

Margen predial: En el primer año hay una pequeña diferencia entre ambos modelos debido a las medidas de bioseguridad aplicadas en el primer año, en el segundo año se aprecia una diferencia de \$6. 765. 753, esto es la pérdida estimada de la erradicación en un predio. Con el transcurso de la línea temporal, se observa en el quinto año que la diferencia entre ambos modelos se torna positiva, lo que quiere decir que a partir de ese momento el Modelo Con Programa de erradicación tiene un margen predial mayor que el Modelo Base.

Margen por vaca rebaño y margen por vaca lactante: En el segundo año los márgenes de los predios Con Programa sanitario sufren una disminución significativa, lo que se traduce que por cada animal el productor disminuye su margen en \$25. 723 y por cada bovino lactante reduce sus ingresos en \$49. 106. Desde el quinto año el predio Con Programa de erradicación va aumentando el valor de ambos márgenes, superando significativamente al Modelo Base.

Margen por litro de leche: Dentro de la industria láctea este punto es sumamente vigilado. Se pretende determinar qué nivel de producción proporciona mayores márgenes por litro, la baja significativa de esta cifra podría llegar a determinar la continuidad de la explotación. En este caso para el segundo año, se observa una disminución de \$10,8, sin embargo, como ocurre en el resto de los márgenes, llegado el quinto año comienza a repuntar en el Modelo Con Programa de Erradicación, llegando a superar al Modelo Base.

En el Modelo Con Programa los márgenes a partir del segundo año siguen siendo positivos, aunque llama la atención la fuerte disminución que sufren éstos, dependiendo de esta merma puede verse comprometida la continuidad del predio. En el caso que el plantel logre resistir esta baja, desde el cuarto año presenta márgenes prediales notablemente mayores, favoreciendo al productor.

Los modelos no consideran financiamiento público para la realización del programa sanitario, todos los valores utilizados son aportes de privados. En el año 2009 se decidió que el programa de control y erradicación de TBB liderado por el SAG no financiaría la totalidad del proyecto, con esta nueva realidad el sector lechero manifestó que habían costos de diagnóstico, de liquidación del ganado que se remataba en condiciones poco económicas por lo que consideraban justa una compensación, ya que los beneficios de la erradicación de la TBB serían para el país entero. En su momento, el SAG acogió a las solicitudes de menor magnitud, pero dejando de lado las ya nombradas, que al gremio aparecían como clave.

Tabla 1: Indicadores económicos para la Zona de Erradicación: valores para Modelo Con Programa sanitario, Modelo Base ZE y diferencia entre ambos.

Margen Predial (pesos)

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Modelo Base ZE	\$ 8.596.966	\$ 9.402.180	\$ 13.892.974	\$ 14.920.877	\$ 15.742.530	\$ 17.621.860	\$ 18.100.954	\$ 18.138.810	\$ 18.168.437	\$ 18.197.121
Modelo programa ZE	\$ 8.534.866	\$ 2.636.426	\$ 11.792.145	\$ 15.626.217	\$ 19.581.694	\$ 21.546.202	\$ 22.549.850	\$ 22.616.398	\$ 22.667.527	\$ 22.713.146
Diferencia	-\$ 62.100	-\$ 6.765.754	-\$ 2.100.829	\$ 705.340	\$ 3.839.164	\$ 3.924.342	\$ 4.448.896	\$ 4.477.588	\$ 4.499.090	\$ 4.516.025

Margen por vaca rebaño (pesos)

Modelo Base ZE	\$ 33.804	\$ 35.746	\$ 51.426	\$ 56.176	\$ 55.627	\$ 61.417	\$ 62.577	\$ 62.504	\$ 62.513	\$ 62.553
Modelo programa ZE	\$ 33.560	\$ 10.023	\$ 43.650	\$ 53.641	\$ 69.193	\$ 75.095	\$ 77.957	\$ 77.903	\$ 77.993	\$ 78.078
Diferencia	-\$ 244	-\$ 25.723	-\$ 7.776	-\$ 2.535	\$ 13.566	\$ 13.678	\$ 15.380	\$ 15.399	\$ 15.480	\$ 15.525

Margen por vaca ordeña (pesos)

Modelo Base ZE	\$ 62.836	\$ 68.241	\$ 95.325	\$ 104.550	\$ 103.371	\$ 113.929	\$ 116.231	\$ 116.195	\$ 116.217	\$ 116.291
Modelo programa ZE	\$ 62.383	\$ 19.135	\$ 80.910	\$ 99.831	\$ 128.581	\$ 139.301	\$ 144.799	\$ 144.878	\$ 144.996	\$ 145.152
Diferencia	-\$ 453	-\$ 49.106	-\$ 14.415	-\$ 4.719	\$ 25.210	\$ 25.372	\$ 28.568	\$ 28.683	\$ 28.779	\$ 28.861

Margen/litro de leche (pesos)

Modelo Base ZE	\$ 14,0	\$ 15,0	\$ 20,9	\$ 22,9	\$ 22,5	\$ 24,6	\$ 25,1	\$ 25,0	\$ 25,0	\$ 25,1
Modelo programa ZE	\$ 13,9	\$ 4,2	\$ 17,7	\$ 21,8	\$ 28,0	\$ 30,1	\$ 31,2	\$ 31,2	\$ 31,2	\$ 31,3
Diferencia	-\$ 0,1	-\$ 10,8	-\$ 3,2	-\$ 1,1	\$ 5,5	\$ 5,5	\$ 6,1	\$ 6,2	\$ 6,2	\$ 6,2

Mediante el VAN se puede saber de manera simple y exacta el valor neto del proyecto para el horizonte del planeamiento, en este caso el VAN del Modelo Con Programa sanitario es positivo, mayor que cero, en los tres indicadores (margen predial, margen vaca rebaño y margen vaca lactante) (Tabla 2), esto significa que el proyecto es rentable. Sin embargo hay que tener presente que su aplicación presenta dificultad para estimar este indicador en la ZC ya que no hay una inversión de por medio, sino que pérdidas iniciares que luego se recuperan.

Otra forma de calcular rentabilidad es mediante la TIR, en el caso de este proyecto se puede observar que al comparar la tasa de descuento (10%) con la TIR esta última es mayor en los tres márgenes prediales por lo que resulta un proyecto rentable.

Por supuesto que en la evaluación de un proyecto empresarial hay muchas otras cosas que evaluar, como por ejemplo el tiempo que se tarda en recuperar la inversión, el riesgo que tiene el proyecto, análisis costo-beneficios y tienen algunos problemas como son la verosimilitud de las predicciones de flujo de caja. Pero el VAN y el TIR no dejan de ser un punto de partida.

En el congreso de Control y Erradicación de Tuberculosis Bovina en Chile realizado en el año 2009, se definió que a nivel país el VAN estimado del proyecto nacional sería de \$16. 722 millones, mientras que el valor de la TIR sería 34,8% (Paredes, 2009). Datos relevantes para observar la proyección que los organismos estatales tienen para el proyecto lo que permite establecer un lineamiento técnico coherente y completo. Lo anterior, permite cuantificar y valorar cada una de las acciones.

Tabla 2: Análisis de rentabilidad del programa sanitario en la Zona de Erradicación; VAN y TIR de la diferencia entre los márgenes del Modelo Base ZE y el Modelo Con Programa ZE.

	VAN	TIR
Margen predial	\$ 4. 911. 873	22%
Margen vaca rebaño	\$ 14. 730	20%
Margen vaca lactante	\$ 26. 298	19%

A continuación se muestran las sensibilizaciones de los márgenes anteriormente detallados, para de esta forma determinar el movimiento que sigue el proyecto, revelando el efecto que tienen las variaciones sobre la rentabilidad en los pronósticos de los parámetros identificados como relevantes.

Los cambios +5% producción láctea, +5% precio de leche y +5% Tasa de Preñez acumulada (TPa) resultan ser los más sensibles, en otras palabras, las que provocan una disminución sobre los márgenes hasta el cuarto año donde se estabiliza el Modelo Con Programa sanitario, esto se debe a la diferencia productiva que se origina entre éste y el Modelo Base ZE, al ser mayor la productividad mayores son los márgenes que se dejan de percibir por concepto de erradicación. Luego de esto, las variables anteriormente señaladas se transforman en las con mayores márgenes, esto debido a que se empieza a obtener los beneficios de la erradicación de la enfermedad (mayor producción y precio de venta).

Como se observa en el margen predial (gráfico 1), a medida que se aumenta la TPa, precio de la leche (\$ leche) y producción de leche la diferencia (pérdidas) con el Modelo Base aumenta de forma marcada, siendo estas tres sensibilizaciones las que tienen el pick más alto, en otras palabras donde la producción pierde la mayor cantidad de dinero; a su vez cuando estos parámetros sufren una disminución se puede observar líneas de datos con pick más bajos similares al Modelo Base. En los márgenes vaca rebaño (gráfico 2), vaca lactante (gráfico 3) y precio por litro de leche (gráfico 4), se observa la misma lógica, pero con menor intensidad. Esta situación es explicada por lo señalado anteriormente, el equilibrio de la producción, en donde se obtienen aumentos cada vez menores.

Se puede determinar lo importante que resulta conocer el movimiento del modelo, para que los productores tengan en consideración los factores que influyen en sus predios, y así poder tomar decisiones a conciencia con todas las herramientas para llevar a cabo una erradicación económicamente responsable.

Gráfico 1: Efecto de la sensibilización del precio de la leche, la tasa de preñez acumulada (TPa) y la producción láctea sobre la diferencia entre el margen predial (MgP) del Modelo Base y el Modelo Con Programa en la Zona de Erradicación (m\$ por año).

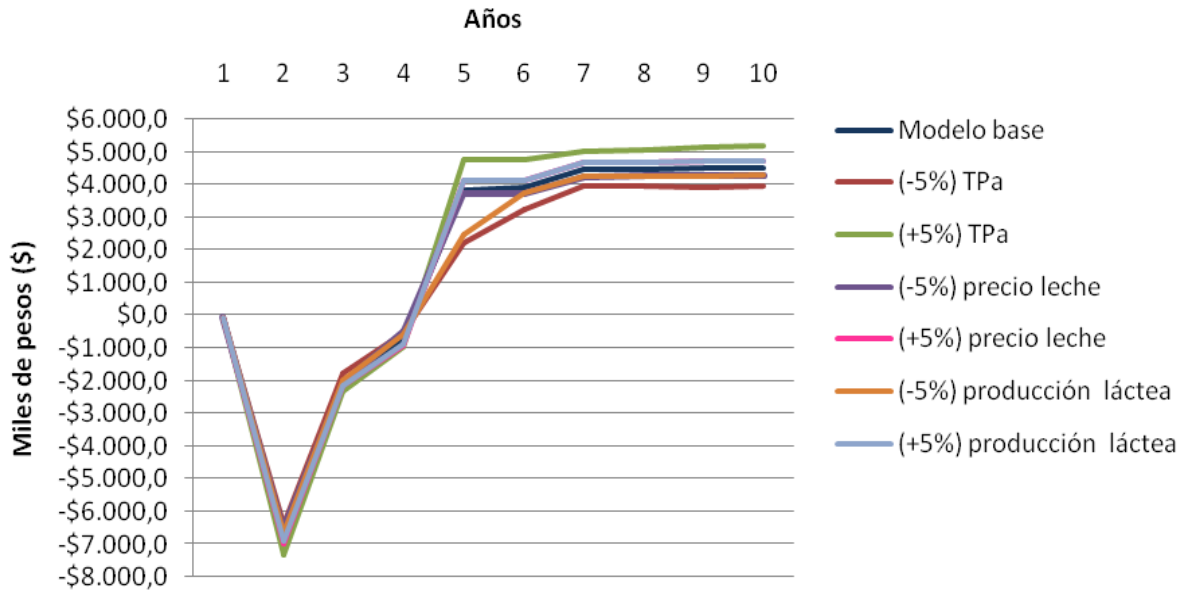


Gráfico 2: Efecto de la sensibilización del precio de la leche, la tasa de preñez acumulada (TPa) y la producción láctea sobre la diferencia entre el margen por vaca rebaño (MgVR) del Modelo Base y el Modelo Con Programa en la Zona de Erradicación (m\$ por año).

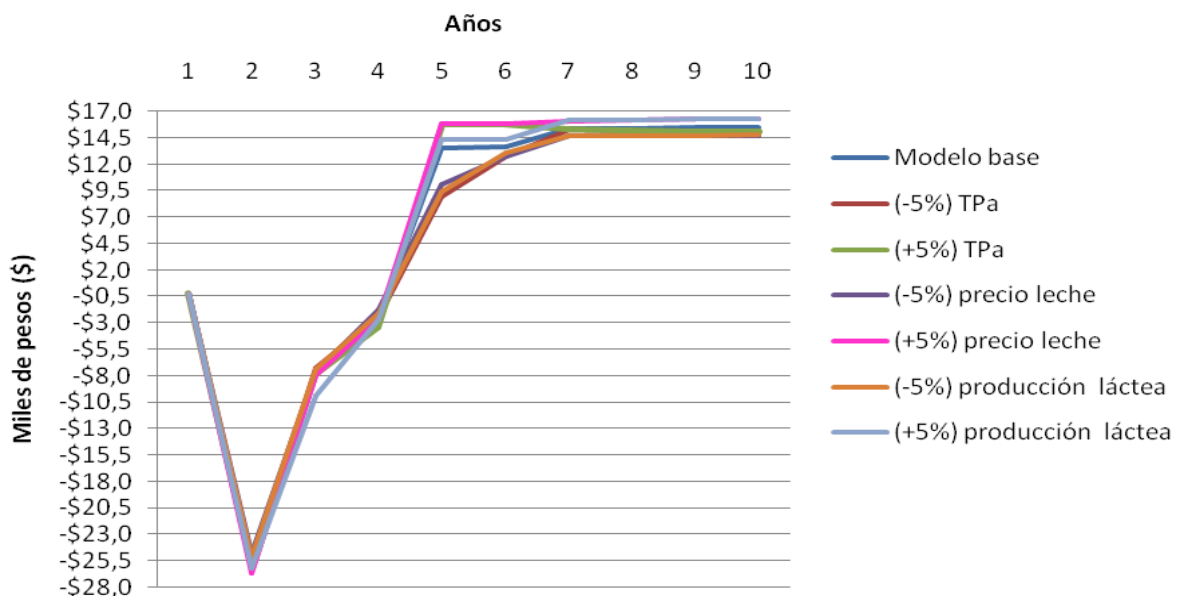


Gráfico 3: Efecto de la sensibilización del precio de la leche, la tasa de preñez acumulada (TPa) y la producción láctea sobre la diferencia entre el margen por vaca lactante (MgVL) del Modelo Base y el Modelo Con Programa en la Zona de Erradicación (m\$ por año).

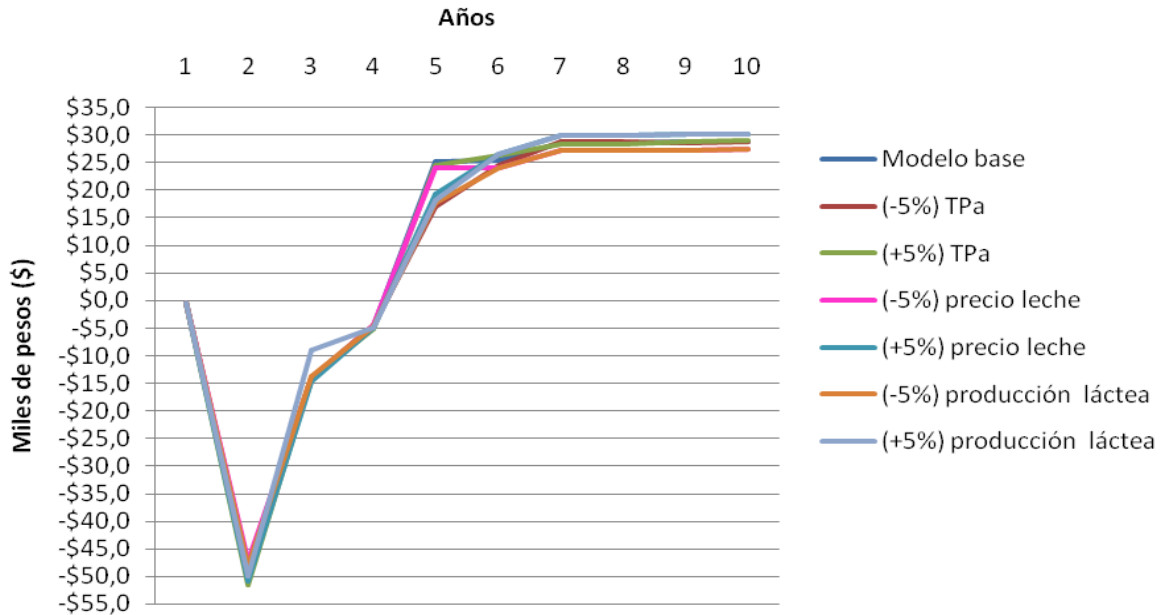
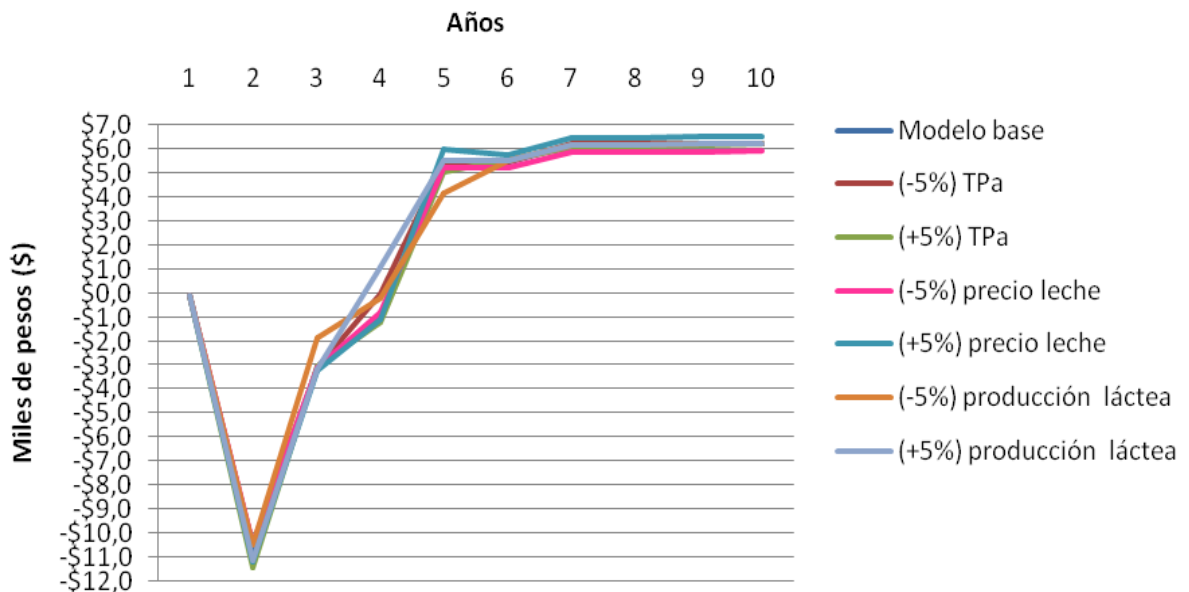


Gráfico 4: Efecto de la sensibilización del precio de la leche, la tasa de preñez acumulada (TPa) y la producción láctea sobre la diferencia entre el margen por litro de leche (MgL) del Modelo Base y el Modelo Con Programa en la Zona de Erradicación (m\$ por año).



2. Análisis económico ZC

Al igual como ocurre en la verificación interna del modelo en la ZE, el desarrollo de masa resulta estable, con una estructura predial constante y acotada en el tiempo. En el Modelo Base ZC (Anexo 5), se observa una producción con mayor número de animales comparado con el Modelo Base ZE, esto se debe al aumento del porcentaje de reemplazos. La cantidad de bovinos que deben salir del predio por el concepto de TBB es tan significativa que no permite un crecimiento del modelo, e incluso la disminuye entre el cuarto y décimo año, cuando el número de animales está por debajo del inicial. La verificación externa, dada por el costo del litro de leche muestra que el costo por litro de leche obtenidos por los modelos planteados es similar al de la zona central del país, en que este tiene una variación entre \$20 y \$25 (Consortio Lechero, 2014). Esto se condice con los resultados tomando en consideración que no se estimaron la totalidad de los costos fijos asociados a la producción.

La situación en esta zona es muy distinta a la observada en la ZE. La diferencia se origina por el mayor plazo para la eliminación de animales infectados con TBB (8 años), debido a que las medidas del programa de control y erradicación no exigen la eliminación inmediata de los animales enfermos. Por lo que la simulación se realizó a mediano plazo en base a un proceso voluntario de parte de cada productor.

En la tabla 3, se observa que los márgenes (margen predial, margen por vaca rebaño, margen por vaca lactante y margen por litro de leche) en el Modelo Con Programa de control van disminuyendo paulatinamente hasta el octavo año, para luego comenzar a aumentar desde el noveno año, sin llegar a igualar los márgenes del predio base. Esta situación coincide con la fase de eliminación de animales, explicada principalmente por la merma en los ingresos que desencadena la venta de animales con TBB. Por un lado el predio debe ocupar individuos de su propia producción (que originalmente eran vendidos) para suplir los descartes por TBB, y por otro la menor producción de leche lleva a que el predio mantenga una bonificación láctea disminuida, vale decir, recibe un 3,2% de los litros de leche vendidos a planta en vez de un 8% si es que estuviese libre de TBB. Sumado a lo anterior, la ZC se maneja con una cantidad mayor de animales debido a la estabulación (Anexo 5, anexo 7), como consecuencia de estos factores, las magnitudes de pérdidas y ganancias son mayores a las observadas en la ZE.

Margen predial: Inicia en el primer año con una diferencia en los márgenes cercana al Modelo Base, ésta se debe a medidas de bioseguridad implementadas en el primer año,

luego de ser detectada la enfermedad. Desde el segundo año se puede observar que los márgenes prediales Con Programa de sanitario sufren una disminución con respecto al Modelo Base hasta llegar al octavo año, donde existe la mayor diferencia de ambos planteles, de -\$64. 802. 902, para luego, en el noveno año comenzar a disminuir la brecha entre los predios. Este comportamiento muestra el periodo de eliminación de animales, donde los ingresos se ven fuertemente alterados.

Margen por rebaño, margen por vaca lactante y margen por litro de leche: En el primer año son muy parecidos al Modelo Base ZC, pero a medida que transcurren los años la diferencia se hace más grande llegando a sus máximos en el octavo año, siendo de -\$147. 479, -\$281. 991 y -\$52 respectivamente. En el noveno año se nota un ligero estrechamiento de la diferencia, lo que se condice con el fin del periodo de eliminación de animales con TBB.

Las consecuencias al implementar el programa de control en esta zona son completamente diferentes que lo observado en la ZE. El Modelo Con programa sanitario, desde el inicio de la eliminación hasta los 10 años, no logra repuntar y acercar sus márgenes al Modelo Base. Esto explicaría el motivo de los productores a no adherir al programa liderado por el SAG, simplemente les resulta menos rentable el escenario de la eliminación.

Se debe reconocer que en la ZE el incentivo lácteo por parte de privados es de gran importancia y es uno de los factores principales en sus ingresos, sin embargo, en la ZC este bono no resulta suficiente para que los productores puedan suplir los grandes gastos que implica disminuir la prevalencia de la zona. Sin los incentivos o compensación, por animal que debe ir a planta faenadora, a los productores no les conviene cambiar su estatus sanitario a libres, ya que la recuperación del predio significaría gran cantidad de años invertidos. Por su parte el SAG señala que las compensaciones por el envío de los animales a planta faenadoras estaban contempladas, pero en la última fase del proceso de erradicación.

Tabla 3: Indicadores económicos para la Zona de Control: valores para Modelo Con Programa sanitario, Modelo Base ZC y diferencia entre ambos.

Margen por vaca rebaño (pesos)

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Modelo Base ZC	\$ 127.950.313	\$ 86.620.185	\$ 92.358.256	\$ 90.881.029	\$ 92.688.299	\$ 92.491.566	\$ 99.222.255	\$ 114.977.703	\$ 113.728.722	\$ 112.327.381
Modelo programa ZC	\$ 126.925.313	\$ 66.746.646	\$ 57.752.037	\$ 44.515.749	\$ 38.459.476	\$ 34.031.531	\$ 40.516.185	\$ 50.174.801	\$ 81.358.828	\$ 90.683.492
Diferencia	-\$ 1.025.000	-\$ 19.873.539	-\$ 34.606.219	-\$ 46.365.280	-\$ 54.228.823	-\$ 58.460.035	-\$ 58.706.070	-\$ 64.802.902	-\$ 32.369.894	-\$ 21.643.889

Margen por vaca rebaño (pesos)

Modelo Base ZC	\$ 249.451	\$ 169.588	\$ 193.244	\$ 199.205	\$ 208.745	\$ 210.630	\$ 225.738	\$ 261.667	\$ 248.045	\$ 231.268
Modelo programa ZC	\$ 247.452	\$ 130.679	\$ 120.836	\$ 97.575	\$ 86.615	\$ 77.499	\$ 92.177	\$ 114.188	\$ 177.446	\$ 186.706
Diferencia	-\$ 1.999	-\$ 38.909	-\$ 72.408	-\$ 101.630	-\$ 122.130	-\$ 133.131	-\$ 133.561	-\$ 147.479	-\$ 70.599	-\$ 44.562

Margen por vaca ordeña (pesos)

Modelo Base ZC	\$ 433.101	\$ 325.355	\$ 370.664	\$ 384.008	\$ 400.858	\$ 403.411	\$ 430.021	\$ 500.327	\$ 439.791	\$ 412.357
Modelo programa ZC	\$ 429.632	\$ 250.708	\$ 231.778	\$ 188.096	\$ 166.329	\$ 148.443	\$ 175.594	\$ 218.336	\$ 314.616	\$ 332.902
Diferencia	-\$ 3.469	-\$ 74.647	-\$ 138.886	-\$ 195.912	-\$ 234.529	-\$ 254.968	-\$ 254.427	-\$ 281.991	-\$ 125.175	-\$ 79.455

Margen/litro de leche (pesos)

Modelo Base ZC	\$ 65,0	\$ 44,0	\$ 63,0	\$ 65,0	\$ 72,0	\$ 74,0	\$ 81,0	\$ 93,0	\$ 92,0	\$ 80,0
Modelo programa ZC	\$ 64,0	\$ 34,0	\$ 39,0	\$ 32,0	\$ 30,0	\$ 27,0	\$ 33,0	\$ 40,0	\$ 66,0	\$ 65,0
Diferencia	-\$ 1,0	-\$ 10,0	-\$ 24,0	-\$ 33,0	-\$ 42,0	-\$ 47,0	-\$ 48,0	-\$ 53,0	-\$ 26,0	-\$ 15,0

A medida que se realizan las sensibilizaciones de las variables en un 5%, aumenta la diferencia entre los márgenes base y los márgenes en predios Con Programa de eliminación de TBB. De forma general se observa una tendencia de parábola invertida, llegando a su punto máximo en el octavo año. Esto se debe a que la tasa de eliminación de la enfermedad de prolonga por ocho años, a diferencia de la ZE que se observa un pick marcado por la eliminación solo al segundo año.

Las sensibilizaciones positivas en 5% de las variables producción láctea, precio por litro de leche y la TPa, son las que presentan la diferencia más negativa en comparación al Modelo Base, en otras palabras poseen mayor sensibilidad. En cambio, las sensibilizaciones negativas de los parámetros son las que más se acercan al Modelo Base e incluso tienen mayores ganancias. Analizando en detalle las diferencias de las sensibilizaciones de los márgenes prediales (gráfico 5), se aprecia que la mayor sensibilidad la presentan las variables (ordenadas de forma creciente): +5% TPa, +5% producción láctea y +5% precio de leche. En los márgenes vaca rebaño (gráfico 6), vaca lactante (gráfico 7) y precio por litro de leche (gráfico 8) las variables son las mismas, con la diferencia que las variables +5% producción láctea y +5% precio de leche son las más sensibles y en tercer lugar se encuentra +5% TPa. Esta situación se mantiene durante todo el rango de tiempo estimado para el proyecto, esto se debe a que el Modelo Con Programa sanitario no logra recuperar sus márgenes y se mantienen por debajo del Modelo Base, a diferencia de lo que ocurre en la ZE,

Esta situación se explica ya que al aplicar la estrategia de eliminación de la enfermedad, la diferencia productiva entre ambos modelos se vuelve mayor. En el caso de las sensibilizaciones el punto es que esta comparación se está haciendo en varios escenarios. En las sensibilizaciones positivas la línea de partida la base va ser más alta y la caída más fuerte, de esta forma lo que deja de producir el Modelo Con Programa de eliminación de TBB va a ser mayor, en consecuencia deja de percibir mayor cantidad de ingresos y la pérdida va a ser más profunda.

Gráfico 5: Efecto de la sensibilización del precio de la leche, la tasa de preñez acumulada (TPa) y la producción láctea sobre la diferencia entre el margen predial (MgP) del Modelo Base y el Modelo Con Programa en la Zona de Control (m\$ por año).

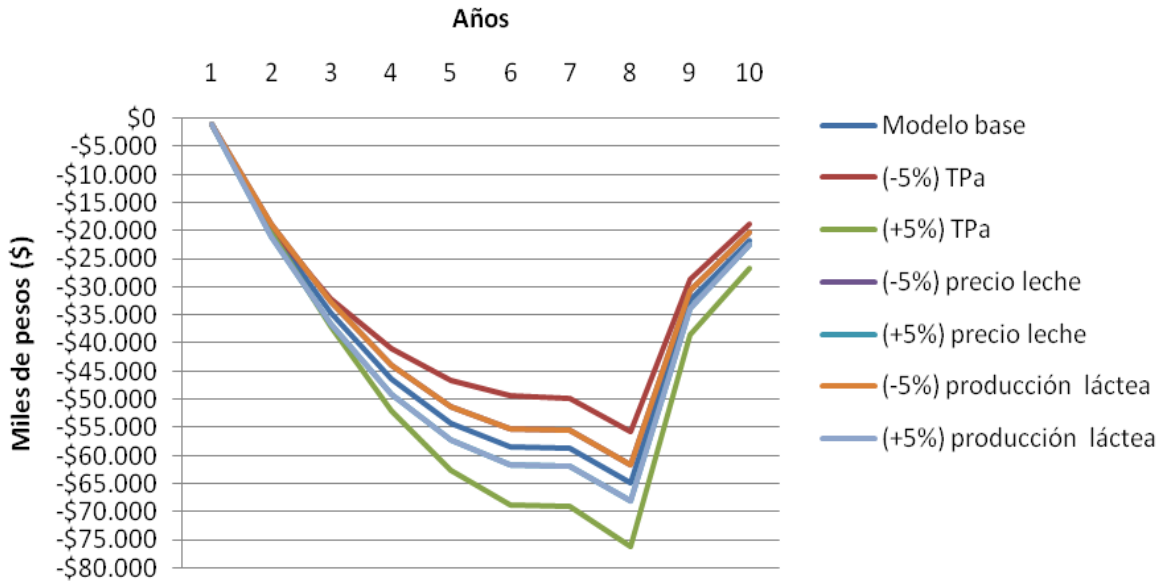


Gráfico 6: Efecto de la sensibilización del precio de la leche, la tasa de preñez acumulada (TPa) y la producción láctea sobre la diferencia entre el margen por vaca rebaño (MgVR) del Modelo Base y el Modelo Con Programa en la Zona de Control (m\$ por año).

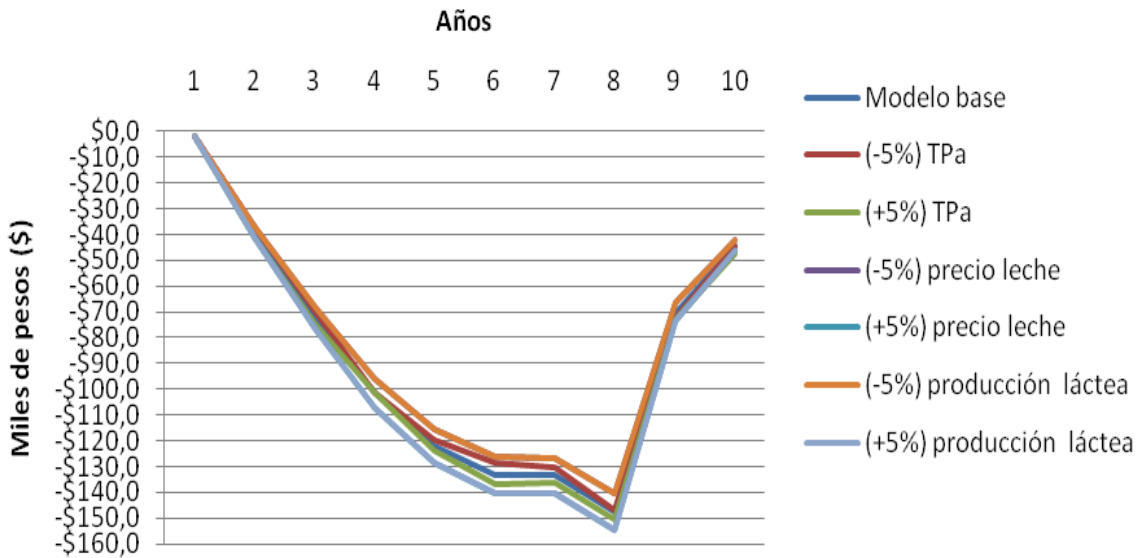


Gráfico 7: Efecto de la sensibilización del precio de la leche, la tasa de preñez acumulada (TPa) y la producción láctea sobre la diferencia entre el margen por vaca lactante (MgVL) del Modelo Base y el Modelo Con Programa en la Zona de Control (m\$ por año).

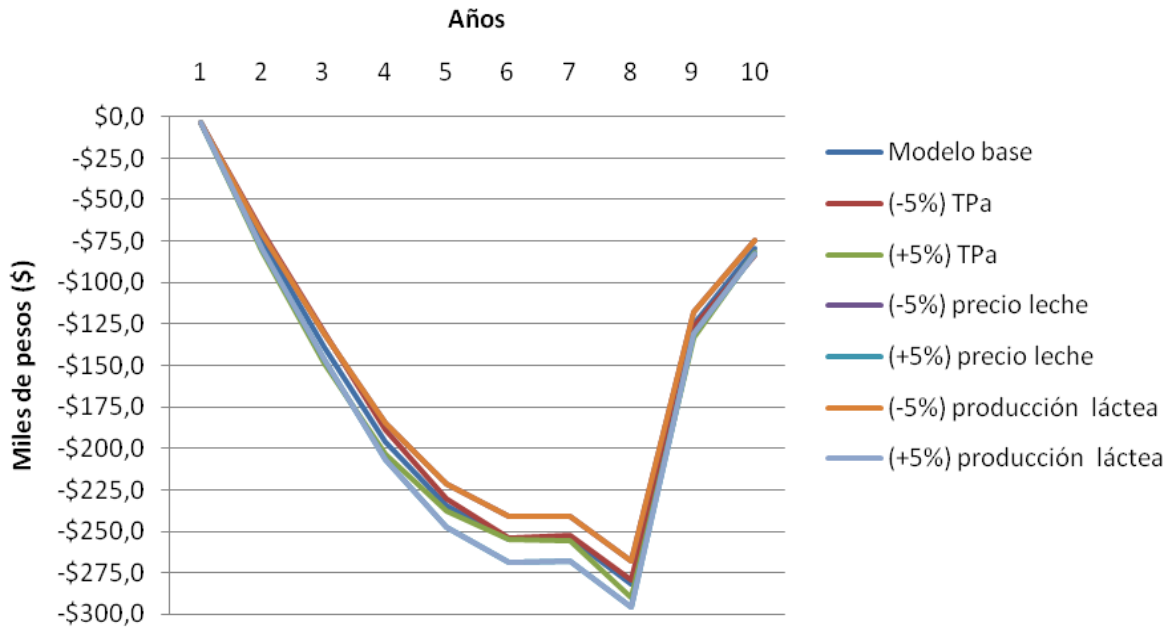
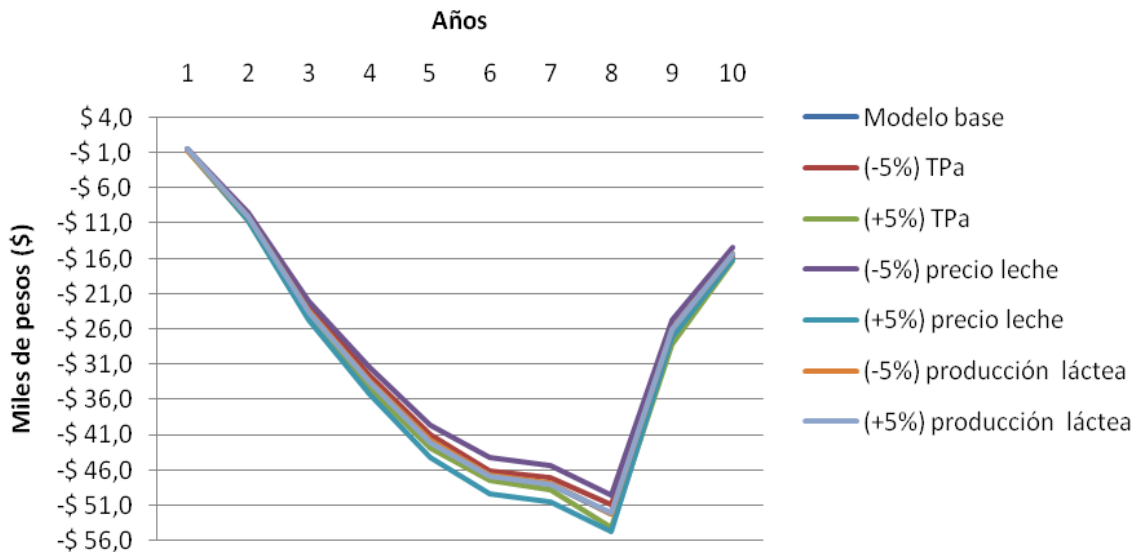


Gráfico 8: Efecto de la sensibilización del precio de la leche, la tasa de preñez acumulada (TPa) y la producción láctea sobre la diferencia entre el margen por litro de leche (MgL) del Modelo Base y el Modelo Con Programa en la Zona de Control (m\$ por año).



CONCLUSIONES

El programa de control y erradicación de TBB, desea disminuir la prevalencia de la enfermedad en el país basándose en medidas de bioseguridad y movimiento de animales. Sin embargo, presenta distintos desafíos que comprometen el éxito del programa, estos son principalmente la necesidad de inyectar mayores recursos y la falta de incentivos claros para los productores.

En la ZE el análisis de los márgenes predial, por vaca rebaño, por vaca lactante y por litro de leche muestra la diferencia entre el Modelo Base ZE y el Modelo Con Programa sanitario, en este último se puede observar en el segundo año márgenes notablemente menores que el Modelo Base, luego la diferencia se va tornando menor, llegado un punto en que el Modelo Con Programa sanitario supera ampliamente al Modelo Base. De esta forma se podría explicar la disposición de los productores de esta zona en llevar a cabo el programa, si bien es de carácter obligatorio, en un medio plazo les resulta más rentable tener un predio libre.

Para esta zona se desarrolló un análisis de rentabilidad, donde el VAN y la TIR de los márgenes prediales fueron \$ 4. 911. 873 y 22% respectivamente, estos dos conceptos, son los que se suelen tener en cuenta inicialmente para conocer la viabilidad y rentabilidad de los proyectos y al ser positivos ambos nos habla de un esquema con una buena rentabilidad en su planteamiento.

En la ZC, se realizó el mismo análisis de los márgenes. De forma contraria a lo visto anteriormente, no resulta sustentable para los productores llevar a cabo el programa, se observa una caída fuerte en los márgenes del Modelo Con Programa sanitario, esto se mantiene llegando a su mínima expresión al octavo año, para luego repuntar sin llegar a acercarse a los márgenes obtenidos por el Modelo Base. Frente a este dato se puede sostener que hay fuertes incentivos para que los productores no implementen los planes de eliminación: les significa un costo importante dentro de su economía. Ya que, cada año el predio está eliminando animales, lo que se traduce en una merma de sus utilidades en cuanto a ingresos por venta de leche (litros), animales vendidos y bonificación láctea.

Las sensibilizaciones en la ZE arrojaron que las variables +5% TPa, +5% producción láctea y +5% precio de leche fueron las más sensibles, es decir, que son los parámetros que más afectados se ven a fluctuaciones. Esta situación se mantuvo hasta el cuarto año, donde el Modelo Con Programa de erradicación se equilibró luego de la eliminación de los animales enfermos en el segundo año, posteriormente estas variables mostraron ser

mayores que el Modelo Base, siguiendo la línea de producción esperada cuando existe una mayor TPa, producción láctea y precio de leche.

En la ZC las sensibilizaciones arrojaron las mismas variables como las más sensibles, 5% TPa, +5% producción láctea y +5% precio de leche. La diferencia sustancial con la ZE es que durante la proyección de 10 años, las variables sensibles no sobrepasaron al Modelo Base, esto debido a que en la ZC el Modelo Con Programa sanitario no tiene márgenes mayores que el Modelo Base, uno de los factores que explican esta situación es la eliminación de animales mantenida hasta el octavo año, por lo que su recuperación requiere más años. En otras palabras, los predios con mayores niveles de producción son los que soportan mayores pérdidas y por ello tienen los menores incentivos para erradicar la enfermedad.

REFERENCIAS

- ABALOS, P.; RETAMAL, P.** 2004. Tuberculosis: ¿una zoonosis re-emergente? Rev. Sci. tech. 23 (2) 583-594.
- AMENABAR, K.** 2009. Evaluación productiva y económica del síndrome aborto bovino y estimación de su frecuencia en vacas lecheras de la VIII, XIV y X regiones de Chile. Memoria de Título para optar al título de Médico Veterinario. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Veterinarias. 45p.
- BOLAND, F.; KELLY, G.; GOOD, M.; MORE, S.** 2010. Bovine tuberculosis and milk production in infected dairy herds in Ireland. Rev. Prev. Vet. Met. 93(2-3): 153-161.
- CASSIDY, J.** 1998. Early Lesion Formation In Cattle Experimentally Infected With Mycobacterium Bovis. Rev. Comp. Path. 119: 27-44.
- CARRILLO, B.; MOREIRA, V.; GONZÁLEZ, J.** 2011. Caracterización y tipificación de sistemas productivos de leche en la zona centro-sur de Chile: un análisis multivariable. IDESIA. 29(1): 71-81.
- COOPRINSEM.** 2009. Avances en reproducción bovina. La reproducción y su consecuencia: la eficiencia reproductiva. Osorno, Chile. 94 p.
- CONSORCIO LECHERO.** 2011. Identificación y monitoreo de sistemas de producción de leche competitivos por macrozonas homogéneas en Chile. Santiago, Chile. 35 p
- CONSORCIO LECHERO.** 2012. Identificación de factores relevantes para el crecimiento del rebaño lechero nacional. Osorno, Chile. 53 p
- DE LA RUA-DOMENECH, R.** 2006. Human Mycobacterium bovis infection in the United Kingdom: Incidence, risks, control measures and review of the zoonotic aspects of bovine tuberculosis. Rev. Tuber Lung Dis. 86: 77- 109.
- GREAR, D.; KANEENE, J.; AVERILL, J.; WEBB, C.** 2014. Local cattle movements in response to ongoing bovine tuberculosis zonation and regulations in Michigan, USA. Rev. Prev. Vet. Met. 114: 201–212.
- HARO, F.** 2014. Producción de leche en el Bío Bío. **In:** Seminario abriendo puertas y ventanas. Osorno, Chile. Marzo 2014. COOPRINSEM. Pp. 112-125.
- KANTOR, I.; RITACCO, V.** 2006. An update on bovine tuberculosis programmes in Latin American and Caribbean countries. Vet. Microbiol. 112: 111-118.
- LOBOS, G.; MIÑO, C.; GONZÁLEZ, E.; PRIZANT, A.** 2001. Estimación de costos medios de producción de leche en tres predios de la región del Maule, Chile. Estudio de casos. Rev. Agric. Téc. 61 (2) 203-214
- MANORMA, D; NEDUNCHELLIYAN, S; APPAJINO, V; DHINAKARAN, M.** 1993. Effects on certain economic traits in cattle due to tuberculosis. Rev. Indian Vet. 70:1143-1146
- MELLA, C; GONZÁLEZ, H.** 2012. Fecha de inicio de lactancia, un factor determinante para el éxito de sistemas pastoriles de producción de leche. 30-40 p.
- MICHEL, A.; MÜLLER, B.; VAN HELDEN, P.** 2010. *Mycobacterium bovis* at the animal–human interface: A problem, or not?. Rev. Vet Microbiol. 140: 371-381.
- NAVARRO, H.** 2007. Antecedentes de la producción de leche en el sur de Chile. Instituto de Investigación Agropecuaria – CRI Remehue. Boletín INIA 148. 10 p.
- NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL.** 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 10th ed. National Academy of Science. Washington DC, USA. 189 p.
- OCDE. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT –FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.** 2011. Perspectivas Agrícolas 2011-2020. OCDE Publishing/FAO. 227 p.

- OIE. WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH.** 2009. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals. 19th Ed. Paris, Francia. 1-16 p.
- OIE. WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH.** 2010. Directrices Generales para la Aplicación de la Compartimentación. In: Terrestrial animal health code, 19th Ed. OIE, Paris.
- OIE. WORLD ORGANIZATION FOR ANIMAL HEALTH.** 2012. Bovine tuberculosis. General Disease Information Sheets. Informe final. París, Francia. 1-6 p.
- OTTE, M.; CHILONDA, P.** 2000. Animal Health Economics: an Introduction. Animal Production and Healthy Division (AGA). FAO. Rome, Italy. 12 p.
- PALMER, V.; WATERS, R.** 2011. Bovine tuberculosis and the establishment of an eradication program in the United States: Role of veterinarians. Rev. Vet Med Int. 1918: 3-5.
- PAREDES, L.** 2009. Control y Erradicación Tuberculosis Bovina en Chile. In: Congreso nacional de Tuberculosis Bovina. Valdivia, Chile. 10 de Noviembre, 2009. Servicio Agrícola y Ganadero.
- PROLESUR. 2015.** Pauta de Pago lechera PROLESUR: Novena región y zonas Santiago y San Fernando. Santiago, Chile.
- REYES, P.; ROJAS, H.; URCELAY, S.** 2012. Aportes al control de la tuberculosis bovina en Chile. Informe final, Consorcio Lechero. Osorno, Chile. 98 p.
- RICE, D.** 1968. Measure and application of illness costs. Rev. Public Health. 84: 95- 101.
- SCOTT, A. ; ZEPEDA, C. ; GARBER, L. ; SMITH, J. ; SWAYNE, D. ; RHORER, A. ; KELLAR, J. ; SHIMSHONY, A. ; BATHO, H. ; CAPORALE, V. ; GIOVANNINI, A.** 2006. El concepto de compartimentación. Rev. Sci. tech. Off. int. Epiz. 25: 889-891.
- SAG. SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO.** 2008. Proyecto "Proyecto Nacional de Control y Erradicación de Tuberculosis Bovina". Santiago, Chile. 114 p.
- SAG. SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO.** 2011. Proyecto Nacional de Control y Erradicación de Tuberculosis Bovina a partir de compartimentos de proveedores de la industria láctea. Santiago, Chile. 26 p.
- SAG. SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO.** 2012. Plan Nacional de Control y Erradicación de Tuberculosis Bovina. Resumen ejecutivo de actividades realizadas primer semestre de 2012. Santiago, Chile. 12 p.
- SENASA.** 2007. Programa nacional de lucha contra la tuberculosis bovina. Buenos Aires, Argentina. 7 p.
- SALGADO, M.** 1998. Efecto de la positividad a la prueba de tuberculina sobre algunos índices de fertilidad en rebaños lecheros de la Zona Central de Chile. Tesis Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Facultad Cs. Veterinarias y Pecuarias. 61 p.
- SMOLYANINOV, Y.; MARTINOV, U.** 1982. Economic effectiveness of control measures against bovine tuberculosis. Rev. Veterinariya. 7:34-37
- USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE.** 2014. Dairy: World markets and trade. USA. 30p.
- URIBE, H; GONZÁLEZ, H; MAGOFKE, J.** 2012. ¿Cómo ha evolucionado el volumen de leche y la concentración de sólidos lácteos en algunos rebaños de las regiones de Los Lagos y Los Ríos? Circular de extensión. 37: 23-29.
- VALDERRAMA, X.** 2012. Proyecto Mejoramiento de la composición de la leche mediante el manejo de la alimentación. Informes Finales Proyectos FIA. 1: 3-20.

ANEXO

Tabla 1: Modelo de masas Base Zona de Erradicación (miles de pesos).

Proyección	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ternereras	63	68	73	75	76	77	78	78	78	78
Vaquillas	55	55	56	56	56	56	56	56	56	56
Vacas primer parto	44	44	45	45	45	45	45	45	45	45
Vacas segundo parto	33	37	37	37	38	38	38	38	38	38
Vacas tercer parto	29	28	31	31	31	31	31	31	31	32
Vacas cuarto parto	20	23	22	24	24	24	25	25	25	25
Vacas quinto parto	10	13	16	15	15	17	17	17	17	17
Vacas 6º parto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	254	269	279	284	285	288	290	291	291	291
Requerimientos reemplazo										
Reemplazo de vacas	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Crecimiento 4% predial	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
Total	55	55	56	56	56	56	56	56	56	56
Animales de desecho/venta										
Teneros	55	63	68	73	75	76	77	78	78	78
Ternereras	15	13	14	15	16	16	16	16	16	17
Vaquillas desecho	7	6	7	7	7	8	8	8	8	8
Vaquillas venta	7	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Vacas primer parto	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
Vacas segundo parto	5	7	7	7	7	8	8	8	8	8
Vacas tercer parto	5	10	10	11	11	11	11	11	11	11
Vacas cuarto parto	5	10	11	11	12	12	12	12	12	12
Total vacas paridas	19	31	33	34	35	35	35	35	36	36
Vacas quinto parto	0	10	13	16	15	15	17	17	17	17
Total vacas lactantes desecho	38	73	79	83	85	85	87	88	88	88
Total animales desecho	121	156	171	180	187	189	191	192	192	192

Tabla 2: Modelo económico Base Zona de Erradicación.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Detalles de ingresos										
Volumen de leche	76.411	82.677	85.933	87.377	87.782	89.570	90.154	90.284	90.365	90.420
Grasa	1.701	1.903	2.004	2.040	2.049	2.115	2.135	2.138	2.140	2.142
Proteína	14.883	16.364	17.120	17.417	17.495	17.954	18.099	18.125	18.141	18.152
Bonificación láctea (libre TBB)	3.821	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bonificación láctea (libre bruc. + leuc.)	6.877	7.441	7.734	7.864	7.900	8.061	8.114	8.126	8.133	8.138
Bono producción anual	1.228	1.328	1.381	4.801	4.823	4.921	4.953	4.961	4.965	4.968
Venta terneros	938	1.026	1.092	1.126	1.143	1.149	1.165	1.171	1.172	1.173
Venta terneras	396	434	462	476	483	486	493	495	496	496
Venta vaquillas	750	816	868	898	913	916	928	932	933	937
Venta vacas libres	21.781	23.097	23.496	24.407	24.516	24.660	24.749	24.797	24.825	24.845
Venta vacas descarte	7.204	9.414	10.980	10.454	10.500	11.614	11.900	11.900	11.900	11.900
Total ingresos	135.988	144.501	151.068	156.859	157.604	161.446	162.690	162.928	163.070	163.171
Detalles de egresos (costos directos)										
Alimento										
Cría	4.851	5.309	5.648	5.826	5.915	5.942	6.028	6.057	6.065	6.071
Recría	9.415	9.498	9.557	9.588	9.604	9.609	9.624	9.629	9.631	9.631
Vacas lactancia	54.867	59.366	61.704	62.741	63.031	64.315	64.735	64.828	64.886	64.926
Vacas secas	32.529	34.603	35.699	36.239	36.409	36.931	37.109	37.161	37.195	37.217
Animales										
Pérdida por mortalidad	692	722	742	753	757	761	766	767	768	768
Insumos veterinarios										
Pruebas de tuberculina	51	54	56	57	57	58	58	58	58	58
Pajuelas inseminación	1.208	1.266	1.298	1.313	1.318	1.332	1.337	1.339	1.340	1.341
Insumos asociados IA	29	30	31	31	31	32	32	32	32	32
Mano de obra										
Jornaleros	5.086	5.388	5.575	5.670	5.709	5.760	5.799	5.812	5.817	5.820
Bono trabajador	1.528	1.654	1.719	1.748	1.756	1.791	1.803	1.806	1.807	1.808
Inseminador	1.535	1.608	1.648	1.667	1.674	1.692	1.698	1.700	1.702	1.702
Ordeñador	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Médico veterinario	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Total costos	-\$ 127.391	-\$ 135.098	-\$ 139.276	-\$ 141.233	-\$ 141.861	-\$ 143.824	-\$ 144.589	-\$ 144.790	-\$ 144.901	-\$ 144.974
Margen predial	\$ 8.597	\$ 9.402	\$ 11.792	\$ 15.626	\$ 15.743	\$ 17.622	\$ 18.101	\$ 18.139	\$ 18.168	\$ 18.197

Tabla 3: Modelo de masas Zona de Erradicación Con Programa sanitario (miles de pesos).

Proyección	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Terneras	63	68	69	73	75	76	78	78	78	78
Vaquillas	56	57	56	56	56	56	56	56	56	56
Vacas primer parto	44	43	46	45	45	45	45	45	45	45
Vacas segundo parto	33	35	36	38	37	38	38	38	38	38
Vacas tercer parto	29	26	29	30	32	31	31	31	31	32
Vacas cuarto parto	20	22	21	23	23	25	24	25	25	25
Vacas quinto parto	10	13	15	14	15	16	17	17	17	17
Vacas 6º parto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	256	264	271	279	284	290	290	291	291	291

Requerimientos reemplazo

Reemplazo de vacas	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Crecimiento 4% predial	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
Total	55	55	56	56	56	56	56	56	56	56

Animales de desecho/venta

Terneros	63	68	69	7375	76	78	78	78	78	78
Terneras	13	14	15	15	16	16	16	16	17	17
Vaquillas desecho	6	7	7	7	8	8	8	8	8	8
Vaquillas venta	1	0	1	1	1	2	2	2	2	2
Vacas primer parto	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5
Vacas segundo parto	7	7	7	8	7	8	8	8	8	8
Vacas tercer parto	10	9	10	10	11	11	11	11	11	11
Vacas cuarto parto	31	31	32	34	35	35	35	35	35	35
Total vacas paridas	10	13	15	14	15	16	17	17	17	17
Vacas quinto parto	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Total vacas lactantes desecho	73	75	79	82	85	87	88	88	88	88
Total animales desecho	156	165	172	180	185	189	191	191	192	192

Tabla 4: Modelo económico Zona de Erradicación Con Programa sanitario (miles de pesos).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Detalles de ingresos										
Volumen de leche	76.411	78.573	83.160	85.538	87.584	89.419	89.990	90.213	90.339	90.421
Grasa	1.701	1.792	1.915	1.974	2.041	2.108	2.131	2.136	2.139	2.141
Proteína	14.883	15.464	16.466	16.953	17.440	17.909	18.061	18.107	18.132	18.150
Bonificación láctea (libre TBB)	3.821	0	4.158	4.277	4.379	4.471	4.500	4.511	4.517	4.521
Bonificación láctea (libre bruc. + leuc.)	6.877	7.072	7.484	7.698	7.883	8.048	8.099	8.119	8.130	8.138
Bono producción anual	1.228	1.262	1.336	1.374	4.812	4.913	4.944	4.957	4.964	4.968
Venta terneros	938	1.026	1.041	1.099	1.126	1.146	1.163	1.169	1.171	1.173
Venta terneras	396	434	440	465	476	485	492	494	495	496
Venta vaquillas	750	0	832	874	899	914	927	930	935	935
Venta vacas libres	17.371	17.113	22.631	23.853	24.413	24.813	24.677	24.761	24.808	24.841
Venta vacas TBB	1.920	2.103	0	0	0	0	0	0	0	0
Venta vacas descarte	7.204	8.822	10.376	9.912	10.500	11.263	11.900	11.900	11.900	11.900
Total ingresos	133.498	133.661	149.838	154.018	161.552	165.489	166.885	167.296	167.531	167.684
Detalles de egresos (costos directos)										
Alimento										
Cría	4.851	5.309	5.384	5.687	5.827	5.932	6.019	6.046	6.060	6.068
Recría	9.629	9.730	9.510	9.564	9.588	9.607	9.622	9.628	9.629	9.631
Vacas lactancia	54.867	56.419	59.713	61.421	62.890	64.207	64.618	64.777	64.868	64.927
Vacas secas	32.529	32.986	34.842	35.700	36.345	36.877	37.044	37.131	37.181	37.211
Animales										
Pérdida por mortalidad	700	778	727	744	753	761	765	767	767	768
Insumos veterinarios										
Pruebas de tuberculina	51	53	54	56	57	58	58	58	58	58
Pajuelas inseminación	1.216	1.303	1.273	1.298	1.316	1.331	1.336	1.338	1.340	1.340
Insumos asociados IA	29	39	30	31	31	32	32	32	32	32
Bioseguridad										
Cierre perimetral	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Techo	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comedero	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bebedero	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra										
Jornaleros	5.111	5.280	5.429	5.429	5.586	5.679	5.753	5.791	5.806	5.814
Bono trabajador	1.528	1.571	1.663	1.711	1.752	1.788	1.800	1.804	1.807	1.808
Inseminador	1.545	1.565	1.617	1.648	1.671	1.690	1.696	1.699	1.701	1.702
Ordeñador	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Médico veterinario	600	1.000	600	600	600	600	600	600	600	600
Total costos	-\$ 127.718	-\$ 131.034	-\$ 135.841	-\$ 138.888	*****	-\$ 143.561	-\$ 144.342	-\$ 144.672	-\$ 144.849	-\$ 144.960
Margen predial	\$ 5.780	\$ 2.627	\$ 13.997	\$ 15.130	\$ 19.582	\$ 21.929	\$ 22.543	\$ 22.625	\$ 22.682	\$ 22.724

Tabla 5: Modelo de masas Base Zona de Control.

Proyección	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Terneras	133	148	155	157	157	158	159	159	159	159
Vaquillas	96	97	97	98	98	98	98	98	98	98
Vacas primer parto	81	82	83	83	83	83	84	84	84	84
Vacas segundo parto	71	72	72	73	74	74	74	74	74	74
Vacas tercer parto	66	62	63	64	64	65	65	65	65	65
Vacas cuarto parto	50	55	52	53	53	54	54	54	54	54
Vacas quinto parto	27	39	43	41	41	42	42	42	42	42
Vacas 6º parto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	524	555	566	568	570	573	574	575	576	576

Requerimientos reemplazo

Reemplazo de vacas	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
Crecimiento 4% predial	11	12	13	13	13	13	13	13	13	13
Total	96	97	98	98	98	98	98	98	98	98

Animales de desecho/venta

Terneros	133	148	155	157	157	158	159	159	159	159
Terneras	28	31	33	33	33	33	34	34	34	34
Vaquillas desecho	13	15	16	16	16	16	16	16	16	16
Vaquillas venta	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Vacas primer parto	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Vacas segundo parto	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15
Vacas tercer parto	23	22	22	22	23	23	23	23	23	23
Vacas cuarto parto	25	28	26	26	27	27	27	27	27	27
Total vacas paridas	70	72	71	72	72	73	73	73	73	73
Vacas quinto parto	27	39	43	41	41	42	42	42	42	42
Total vacas lactantes desecho	98	111	114	112	113	114	115	115	115	115
Total animales desecho	345	380	391	392	394	397	399	400	400	401

Tabla 6: Modelo económico Base Zona de Control (miles de pesos).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Detalles de ingresos										
Volumen de leche	244.679	203.405	206.004	205.410	207.042	208.082	208.901	209.249	209.381	209.470
Grasa	5.586	4.364	4.012	3.596	3.383	3.254	3.357	3.335	3.832	4.191
Proteína	48.393	36.842	34.302	31.364	29.913	29.066	29.728	29.557	33.736	36.183
Bonificación láctea (TBB)	19.574	6.509	6.592	6.573	6.625	6.659	6.685	6.696	6.700	6.703
Bonificación láctea (libre bruc. + leuc.)	22.021	18.306	18.540	18.487	18.634	18.727	18.801	18.832	18.844	18.852
Bono producción anual	25.695	13.252	12.493	11.637	11.238	11.014	11.180	11.126	12.587	13.260
Venta terneros	1.988	2.216	1.997	1.869	1.775	1.734	1.719	1.731	1.724	1.939
Venta terneras	981	1.093	985	922	876	856	848	854	850	957
Venta vaquillas	1.723	0	0	0	0	0	0	1.499	1.489	1.677
Venta vacas libres	56.311	32.939	27.164	21.568	19.420	19.602	24.421	37.757	45.775	49.684
Venta vacas descarte	10.977	22.496	22.062	18.590	16.914	13.553	15.437	15.251	18.466	20.653
Total ingresos	437.927	341.423	334.151	320.016	315.819	312.546	321.079	335.887	353.384	363.569
Detalles de egresos (costos directos)										
Alimento										
Cría	10.283	11.464	10.331	9.669	9.184	8.973	8.896	8.954	8.918	10.035
Recría	14.551	7.514	7.423	7.371	7.332	7.315	7.309	7.313	6.597	6.597
Vacas lactancia	176.685	131.623	124.082	115.586	111.619	109.392	111.038	110.505	125.015	131.697
Vacas secas	70.241	63.300	59.243	56.270	54.976	54.508	54.861	54.639	61.485	64.767
Animales										
Pérdida por mortalidad	1.421	1.604	1.513	1.455	1.420	1.405	1.405	1.405	1.302	1.363
Insumos veterinarios										
Pruebas de tuberculina	59	53	50	47	46	46	46	46	52	54
Pajuelas inseminación	2.442	1.458	2.069	1.990	1.954	1.941	1.950	1.944	2.062	2.138
Insumos asociados IA	57	73	69	66	65	65	65	65	52	54
Mano de obra										
Jornaleros	7.500	7.667	7.920	8.144	8.379	8.518	8.630	8.687	8.709	8.721
Bono trabajador	4.894	265	250	233	225	220	224	223	252	265
Inseminador	3.043	10.619	9.672	9.144	8.765	8.499	8.256	7.937	6.417	6.753
Ordeñador	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000
Médico veterinario	800	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	800	800
Total costos	-\$ 309.977	-\$ 254.840	-\$ 241.821	-\$ 229.174	-\$ 223.164	-\$ 220.083	-\$ 221.879	-\$ 220.918	-\$ 239.659	-\$ 251.244
Margen predial	127.950	86.583	92.330	90.842	92.654	92.463	99.200	114.969	113.725	112.325

Tabla 7: Modelo de masas Zona de Control Con Programa sanitario.

Proyección	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Terneras	133	148	133	125	118	116	115	115	115	129
Vaquillas	85	97	96	95	94	94	94	94	85	85
Vacas primer parto	81	65	74	73	73	72	72	72	81	73
Vacas segundo parto	71	64	51	59	58	57	57	57	64	71
Vacas tercer parto	66	56	51	41	46	46	45	45	50	56
Vacas cuarto parto	50	49	41	38	30	34	34	34	38	42
Vacas quinto parto	27	32	32	27	24	19	22	22	26	30
Vacas 6º parto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	513	511	478	456	444	439	440	439	458	486
Detalle proyección										
Vacas en producción	295	266	249	237	231	229	231	230	259	272
Nº animales con TBB clínica	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0
Nº animales TBB clínica y subclínica	148	148	126	103	78	52	25	4	0	0
Nº animales TBB porcentaje eliminación	0	22	22	25	26	27	21	4	0	0
Requerimientos reemplazo										
Reemplazo de vacas	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
Crecimiento 4% predial	11	12	11	10	9	9	9	9	9	10
Total	96	97	96	95	94	94	94	94	94	95
Animales de desecho/venta										
Terneros	133	148	133	125	118	116	115	115	115	129
Terneras	28	31	28	26	25	24	24	24	24	27
Vaquillas desecho	13	15	13	12	12	12	11	12	11	13
Vaquillas venta	3	0	0	0	0	0	0	2	2	3
Vacas primer parto	8	7	7	7	7	7	7	7	8	7
Vacas segundo parto	14	13	10	12	12	11	11	11	13	14
Vacas tercer parto	23	20	18	14	16	16	16	16	18	20
Vacas cuarto parto	25	25	21	19	15	17	17	17	19	21
Total vacas paridas	70	63	56	52	50	52	51	51	57	62
Vacas quinto parto	27	32	32	27	24	19	22	22	26	30
Vacas venta TBB	0	22	22	25	26	27	21	4	0	0
Total vacas lactantes desecho	98	96	88	79	74	71	74	73	84	92
Total animales desecho	345	353	318	294	280	275	275	278	294	326

Tabla 8: Modelo económico Zona de Control Con Programa sanitario de la enfermedad (miles de pesos).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Detalles de ingresos										
Volumen de leche	244.679	182.275	171.833	160.067	154.573	151.489	153.768	153.031	173.125	182.378
Grasa	5.586	4.364	4.012	3.596	3.383	3.254	3.357	3.335	3.832	4.191
Proteína	48.393	36.842	34.302	31.364	29.913	29.066	29.728	29.557	33.736	36.183
Bonificación láctea (TBB)	19.574	5.833	5.499	5.122	4.946	4.848	4.921	4.897	13.850	14.590
Bonificación láctea (libre bruc. + leuc.)	22.021	16.405	15.465	14.406	13.912	13.634	13.839	13.773	15.581	16.414
Bono producción anual	25.695	13.252	12.493	11.637	11.238	11.014	11.180	11.126	12.587	13.260
Venta terneros	1.988	2.216	1.997	1.869	1.775	1.734	1.719	1.731	1.724	1.939
Venta terneras	981	1.093	985	922	876	856	848	854	850	957
Venta vaquillas	1.723	0	0	0	0	0	0	1.499	1.489	1.677
Venta vacas libres	56.311	32.939	27.164	21.568	19.420	19.602	24.421	37.757	45.775	49.684
Venta vacas TBB	0	6.377	6.365	7.211	7.422	7.868	6.023	1.166	0	0
Venta vacas descarte	10.977	22.496	22.062	18.590	16.914	13.553	15.437	15.251	18.466	20.653
Total ingresos	437.927	324.092	302.175	276.352	264.372	256.916	265.242	273.977	321.014	341.926
Detalles de egresos (costos directos)										
Alimento										
Cría	10.283	11.464	10.331	9.669	9.184	8.973	8.896	8.954	8.918	10.035
Recría	14.551	7.514	7.423	7.371	7.332	7.315	7.309	7.313	6.597	6.597
Vacas lactancia	176.685	131.623	124.082	115.586	111.619	109.392	111.038	110.505	125.015	131.697
Vacas secas	70.241	63.300	59.243	56.270	54.976	54.508	54.861	54.639	61.485	64.767
Animales										
Pérdida por mortalidad	1.421	1.604	1.513	1.455	1.420	1.405	1.405	1.405	1.302	1.363
Insumos veterinarios										
Pruebas de tuberculina	59	53	50	47	46	46	46	46	52	54
Pajuelas inseminación	2.442	1.458	2.069	1.990	1.954	1.941	1.950	1.944	2.062	2.138
Insumos asociados IA	57	73	69	66	65	65	65	65	52	54
Bioseguridad										
Corral	700	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Techo	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comedero	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bebadero	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra										
Jornaleros	7.500	10.223	10.559	10.858	11.172	11.358	11.506	11.583	8.709	8.721
Bono trabajador	4.894	265	250	233	225	220	224	223	252	265
Inseminador	3.043	10.619	9.672	9.144	8.765	8.499	8.256	7.937	6.417	6.753
Ordeñador	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000
Médico veterinario	800	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	800	800
Total costos	-\$ 311.002	-\$ 257.396	-\$ 244.461	-\$ 231.889	-\$ 225.957	-\$ 222.922	-\$ 224.755	-\$ 223.814	-\$ 239.659	-\$ 251.244
Margen predial	126.925	66.697	57.714	44.463	38.414	33.994	40.487	50.163	81.356	90.681

