



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



Facultad de Veterinaria  
Universidad de la República  
Uruguay

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**Programa de Posgrados**

**Estimación de pérdidas económicas directas para el sector primario por abortos de segundo y tercer trimestre gestacional en el rodeo lechero de Uruguay con énfasis en abortos por *Neospora caninum***

**Miguel Felipe Carrillo Parraguez, MV**

**TESIS DE MAESTRÍA EN SALUD ANIMAL**

**URUGUAY**

**2023**





UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**Programa de Posgrados**

**Estimación de pérdidas económicas directas para el sector primario por abortos de segundo y tercer trimestre gestacional en el rodeo lechero de Uruguay con énfasis en abortos por *Neospora caninum***

**Miguel Felipe Carrillo Parraguez, MV**

---

**Eduardo Ponssa**  
**Director de Tesis**

---

**Federico Giannitti**  
**Codirector**

---

**Alejandro Mendoza**  
**Codirector**

**2023**

# **INTEGRACIÓN DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS**

**Gustavo Benítez; DMV, MSc (presidente)**  
**Facultad de Veterinaria**  
**Universidad de la República - Uruguay**

**Paula Gädicke L'Huissier; MV, MSc., PhD**  
**Facultad de Ciencias Veterinarias**  
**Departamento de Patología y Medicina Preventiva**  
**Universidad de Concepción - Chile**

**Dadin Prando Moore; MV, Esp. Salud Animal; MSc., PhD**  
**Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) - Balcarce, Argentina**  
**Centro Científico Tecnológico (CONICET) - Mar del Plata, Argentina**



**Centro de Posgrados**  
Facultad de Veterinaria  
Universidad de la República

**ACTA DEFENSA DE TESIS DE MAESTRIA**

ORIENTACIÓN: SALUD ANIMAL

LUGAR Y FECHA DE LA DEFENSA: SALA VIRTUAL, 14/12/2023

TRIBUNAL: GUSTAVO BENÍTEZ, PAULA GÄDICKE, DADIN PRANDO MOORE

CI	NOMBRE	CALIFICACIÓN	NOTA
177604771	CARRILLO PARRAGUEZ, MIGUEL FELIPE	11	ONCE

NOTA: La calificación mínima para aprobar la defensa es B.B.B (6)

PAULA GÄDICKE

DADIN PRANDO MOORE

GUSTAVO BENÍTEZ

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por brindarme el valor, la fortaleza y los desafíos para explorar nuevos territorios. A mi familia por su incondicional amor. A Paula por su infinita devoción y lealtad. A mis amigos, los antiguos y los nuevos, por los consejos, las risas y su confianza.

Agradezco a Federico Giannitti por ayudarme a mejorar en cada aspecto posible, por su inmensa paciencia y por ser un ejemplo de resiliencia, liderazgo y dedicación. A Alejandro Mendoza por sus sabios consejos y guía, su cuidado permanente e inquebrantable confianza hacia mí persona y mi proceso de desarrollo. A Eduardo Ponssa por su valentía al aceptarme, cuidarme y enseñarme desde cero, abriéndome caminos con una generosidad y paciencia paternal sin igual. Ha sido un honor aprender de cada uno de ustedes.

Le agradezco a todas las personas de la Unidad de Lechería y Plataforma de Investigación en Salud Animal de INIA La Estanzuela por todo su apoyo y confianza en mí, atesorando cada uno de sus gestos amables y consejos. Especialmente a Santiago Fariña por su constante confianza y oportunidades, y a Darío Caffarena, Gustavo Gastal, Caroline Da Silva, Juan Pablo Garzón y Benjamín Doncel por proveerme de la información y ayuda a partir de cada uno de sus trabajos y líneas de investigación. También agradezco personalmente a Fernando Sotelo (MU, Uruguay) y a Jorge Artagaveytia (INALE, Uruguay) por proveernos de información y consejo para mejorar el proceso en la construcción de los modelos y estimaciones. Además agradezco a las personas de la DIEA del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, que se ocupan de la buena accesibilidad de datos agropecuarios, lo que me dio la posibilidad de generar nueva información con esta tesis.

Al programa de posgrado de la Facultad de Veterinaria y Facultad de Agronomía – Udelar, por su amplia oferta de cursos, su rápida gestión, flexibilidad y acompañamiento en todo el proceso. Al tribunal de la defensa de maestría, Dra. Paula Gädicke, Dr. Prando Moore y Dr. Gustavo Benítez, cuyos comentarios contribuyeron a mejorar todavía más este trabajo. A todas las personas que participaron de manera directa o indirecta en mi proceso de formación, con gestos desinteresados y silenciosos que a veces no alcancé a percibir, mi eterna gratitud.

Finalmente, le agradezco infinitamente al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) Uruguay por la financiación de la beca, y por su respuesta, seguimiento y preocupación en los momentos más difíciles de la pandemia.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	v
SUMMARY .....	vii
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 ANTECEDENTES ESPECÍFICOS .....	2
2.1 Situación, perspectivas y desafíos de la industria lechera en Uruguay .....	2
2.2 Abortos en bovinos, causas y consecuencias .....	4
2.3 Neosporosis .....	7
2.4 Prevalencia de la neosporosis en Uruguay .....	12
2.5 Economía en salud animal.....	12
2.6 Modelación y simulación .....	16
2.7 Estudios económicos de enfermedades bovinas, incluyendo la neosporosis, a través de modelación y simulación.....	19
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	26
4 OBJETIVOS .....	28
4.1 General .....	28
4.2 Específicos .....	28
5 ESTRATEGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
6 MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
6.1 Descripción general del modelo bioeconómico .....	30
6.1.1 Diagrama de descripción general del modelo bioeconómico .....	31
6.2 Definición de variables.....	37
6.2.1 Datos de entrada.....	39
6.3 Distribución de los escenarios de aborto.....	41
6.4 Cantidad anual de abortos por neosporosis .....	41
6.5 Distribución de subescenarios de aborto por neosporosis con la opción de mantención de la hembra en el rodeo y descarte de la hembra del rodeo.....	42
6.6 Cantidad de casos anuales de aborto independientemente de su causa.....	43
6.7 Pérdidas económicas directas debidas al aborto por neosporosis a nivel individual y nacional en hembras que se mantienen en el rodeo .....	43
6.8 Pérdidas económicas directas por abortos por neosporosis que determinan un descarte de la hembra a nivel individual y nacional.....	43
6.9 Pérdidas económicas directas sumadas para el sector primario a nivel nacional debidas a abortos por neosporosis cuyas hembras se mantienen en el rodeo y abortos que determinan un descarte de la hembra .....	44
6.10 Evaluación económica del resultado relativo del descarte individual de la hembra que abortó .....	44

6.11	Pérdidas productivas por neosporosis a nivel individual y nacional para el sector primario .....	45
6.12	Pérdidas económicas directas debidas al aborto independientemente de su causa a nivel individual y nacional .....	45
6.13	Pérdidas económicas directas debido aborto independientemente de su causa, que determina un descarte, a nivel individual y nacional .....	45
7	RESULTADOS .....	47
7.1	Resultados individuales para las variables temporales, productivas, reproductivas y económicas.....	47
7.1.1	Escenario base.....	47
7.1.2	Escenario vaquillona aborto temprano.....	48
7.1.3	Escenario vaquillona aborto tardío .....	49
7.1.4	Escenario Vaca 2° preñez aborto temprano .....	49
7.1.5	Escenario Vaca 2° preñez aborto tardío.....	50
7.1.6	Escenario Vaca 3° preñez aborto temprano .....	50
7.1.7	Escenario Vaca 3° preñez aborto tardío.....	51
7.1.8	Escenario Vaca 4° preñez aborto temprano .....	51
7.1.9	Escenario Vaca 4° preñez aborto tardío.....	51
7.2	Diferencias por etapa en los resultados de los distintos escenarios y subescenarios de aborto por neosporosis a nivel individual para las variables temporales, productivas, reproductivas y económicas .....	52
7.2.1	Etapas Cría, Recría 1, Recría 2 y Recría 3 con primera preñez.....	52
7.2.2	Etapas Lactancias y Secas.....	54
7.3	Pérdidas productivas por neosporosis a nivel individual .....	57
7.4	Gráficos comparativos para las variables de respuesta .....	58
7.5	Cantidad de abortos por neosporosis anuales, distribución de los escenarios y subescenarios de aborto y número de casos anuales de aborto independientemente de su causa	64
7.6	Pérdidas económicas directas debidas al aborto por neosporosis a nivel individual y nacional en hembras que se mantienen en el rodeo .....	64
7.7	Pérdidas económicas directas por abortos por neosporosis que determinan un descarte de la hembra a nivel individual y nacional.....	64
7.8	Pérdidas económicas directas sumadas para el sector primario a nivel nacional debidas a abortos por neosporosis cuyas hembras se mantienen en el rodeo y abortos que determinan un descarte de la hembra .....	65
7.9	Evaluación económica del resultado relativo del descarte individual de la hembra que abortó	65



7.10	Pérdidas productivas por neosporosis a nivel nacional.....	65
7.11	Pérdidas económicas directas debidas al aborto independientemente de su causa a nivel individual y nacional .....	66
7.12	Pérdidas económicas directas debido al aborto independientemente de su causa, que determina un descarte, a nivel individual y nacional .....	66
7.13	Gráficos de pérdidas económicas y productivas .....	67
8	DISCUSIÓN .....	70
9	CONCLUSIÓN .....	83
10	ANEXOS .....	84
10.1	Anexo 1. Datos de entrada genéricos y por etapas productivas .....	84
10.2	Anexo 2. Datos de entrada reproductivos .....	110
10.3	Anexo 3. Datos de entrada en variables temporales en escenarios de aborto .....	116
10.4	Anexo 4. Resultados individuales para las variables temporales, productivas, reproductivas y económicas. Estructura de egresos e ingresos por etapa .....	124
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	130

## RESUMEN

La lechería en Uruguay es de importancia sociocultural y económica. Si bien la producción lechera ha crecido linealmente junto con las exportaciones de productos lácteos, la existencia de cabezas de ganado lechero no ha aumentado significativamente en las últimas décadas debido en parte a una baja eficiencia reproductiva. *Neospora caninum* ha sido identificado como uno de los principales patógenos abortivos en bovinos en Uruguay. La principal consecuencia clínica de la neosporosis bovina es el aborto y la estimación de pérdidas económico-productivas por esta enfermedad se basa en el aborto. En Uruguay no hay estimaciones de las pérdidas económicas causadas por neosporosis ni por abortos bovinos. El objetivo de esta tesis fue estimar las pérdidas económicas directas para el sector lechero primario debido a abortos por neosporosis ocurridos en el año 2018 en Uruguay. Para esto se utilizó un modelo bioeconómico, ajustado para estimar pérdidas económicas por abortos durante el segundo (día 135 de gestación) y tercer (día 225 de gestación) trimestre de gestación, considerados a los efectos de esta tesis como escenarios de “aborto temprano” y “aborto tardío”, respectivamente. La pérdida económica, lucro cesante, a nivel individual se estimó considerando el valor actualizado de la producción futura que se deja de obtener por el evento aborto menos los costos de producción que se evitan (valor actual, VA), por lo que el impacto económico del aborto se estimó como el diferencial del VA entre una hembra que no aborta y una que aborta en distintos escenarios. La cantidad anual de abortos por neosporosis se estimó con base en la seroprevalencia individual de *N. caninum* en ganado lechero a nivel nacional y las existencias de vacas y vaquillonas en edad reproductiva en riesgo de aborto. Las pérdidas económicas para el rodeo nacional se estimaron al multiplicar las pérdidas individuales según la cantidad y distribución de abortos para distintos escenarios, puntualmente abortos tempranos y tardíos en distintas gestaciones (1°, 2°, 3° y 4° preñez). Las pérdidas monetarias directas para el sector primario lechero producto de los abortos ocurridos en 2018 alcanzaron los US\$ 11 millones y se debieron a las pérdidas de las crías (menor cantidad de terneros/as nacidos/as), el retraso de las lactancias, una menor producción lechera vitalicia, y el descarte anticipado de las hembras que padecen abortos. Las pérdidas económicas individuales variaron según el momento de la gestación y la edad de la hembra que aborta, siendo el impacto económico mayor en el escenario de aborto tardío ocurrido en vaquillonas (1° preñez). El promedio de las pérdidas individuales fue de US\$ 868, considerando que la hembra que abortó se mantuvo en el rodeo. Las pérdidas estimadas reflejan sólo el sector primario lechero y no contemplan las pérdidas económicas que surgen de la no industrialización/procesamiento de la leche que deja de producirse (sector secundario), ni el impacto económico en el sector de servicios (sector terciario). En términos físicos, los abortos por neosporosis ocurridos en 2018 determinaron una pérdida de 62 millones de L de leche que dejaron de producirse a nivel país, lo que representa ~3% de la leche que se industrializa anualmente (remisión a plantas). Las características del sistema productivo lechero pastoril y de la economía de Uruguay exigen un abordaje específico en la estimación del impacto económico de las enfermedades bovinas en general y de la neosporosis en particular, aunque la falta de disponibilidad de algunos datos clave a nivel local limita la precisión de estas

estimaciones. La información generada en esta tesis puede ser usada como insumo por productores lecheros, veterinarios y tomadores de decisiones en políticas públicas para evaluar la relación costo-beneficio de la implementación de estrategias de control y/o prevención de la neosporosis bovina a escala predial o nacional. Estudios adicionales son necesarios para estimar las pérdidas económicas por neosporosis para el sector industrial lechero, el sector primario de cría y ovino, el sector industrial carnicero, y el sector terciario en general, para dimensionar la carga económica total de esta enfermedad en Uruguay.

Palabras clave: aborto, neosporosis bovina, producción lechera, valor actual, pérdidas económicas, Uruguay.

## SUMMARY

Dairy farming in Uruguay has sociocultural and economic importance. Dairy production has grown linearly with exportations of dairy products although dairy cattle stock has not increased significantly in recent decades due in part to low reproductive efficiency. *Neospora caninum* has been identified as one of the main abortive pathogens in cattle in Uruguay. The main clinical consequence of bovine neosporosis is abortion and the estimation of economic-productive losses due to this disease mainly is based on it. In Uruguay, there are no estimates of economic losses caused by neosporosis or bovine abortions. The objective of this study was to estimate the economic losses for the primary dairy sector due to abortions due to neosporosis occurred in 2018 in Uruguay. For this a bioeconomic model was used, adjusted to estimate economic losses due to abortions in the second and third trimesters of pregnancy. Losses were estimated considering the present value of future production that is lost due to abortion minus the production costs that are avoided (present value), therefore the individual-level economic impact of abortion was estimated as the differential of the net present value between a cow that does not suffer abortion and those under abortion in different scenarios. The annual number of abortions due to neosporosis was estimated based on the national seroprevalence of *N. caninum* in dairy herds and the stock of cows and heifers of reproductive age at risk of abortion. Economic losses for the national herd were estimated by multiplying individual losses by the number and distribution of abortion settings. Losses for the primary sector due to abortions that occurred in 2018 were estimated at US\$ 11 million and were related to the loss of calves, delayed lactation, lower lifetime milk production, and premature culling of cows suffering from abortions. The estimated losses reflect only the primary sector and do not the economic losses from the lack of industrialization/processing of milk that was not produced nor the economic impact on the service sector. Individual economic losses varied depending on the time of gestation and the parity of the aborting cow, the economic loss was higher in the scenario of late abortion occurring in heifers (1st pregnancy). The average individual loss was US\$ 868, assuming that the aborting cow was remained in the herd. In physical terms, abortions due to neosporosis determined a total of 62 million liters of milk that were not produced at the national level. The characteristics of pasture-based dairy production systems in Uruguay require a specific approach to estimating the economic impact of bovine diseases in general and neosporosis in particular, although the limited availability of local data limits the precision of these estimates. The economic losses varied according to the moment of gestation and the age of the cow that was aborted, being the worst scenario of late abortion occurring in heifers. The information generated in this thesis can be used as input by producers, veterinarians, and decisions in public policies to evaluate the cost-benefit relationship of the implementation of strategies for the control and/or prevention of bovine neosporosis at a farm or national level.

Keywords: abortion, bovine neosporosis, milk production, present value, economic losses, Uruguay.

## 1 INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria (agricultura, silvicultura y producción pecuaria) es importante en Uruguay ya que abarca aspectos sociales y económicos al generar cientos de miles de empleos como ocupación principal (MGAP DIEA 2022). Entre el año 2010 y 2020, la remisión de leche a plantas industrializadoras en volumen creció aproximadamente un 34% (MGAP – DIEA 2015; 2021), no obstante, en el mismo período hubo un decrecimiento del número total de bovinos lecheros de aproximadamente un 1,9% (MGAP – DIEA 2022), y en particular el grupo “Vacas Masa” en este mismo período disminuyó un 2,3%. (MGAP – DIEA 2022). La desaceleración en la expansión del rodeo lechero productivo puede ser atribuida en parte al pobre desempeño reproductivo (Meikle *et al.*, 2013; Da Silva, 2019; Fariña y Chilibroste, 2019). El desarrollo de una lechería rentable está basado en el logro de resultados adecuados en los parámetros reproductivos. Las enfermedades reproductivas en el ganado generan un importante detrimento económico en la industria láctea (Weersink *et al.*, 2002; De Vries, 2006) y esto no es una excepción en los rodeos de Uruguay (Fernández *et al.*, 2007). En Uruguay no hay datos de eficiencia reproductiva del rodeo lechero a nivel nacional; sin embargo, la evaluación de 26 predios lecheros comerciales en 2018 indicó que aproximadamente el 5-15% de las vacas tuvieron pérdidas gestacionales (Gustavo Gastal, INIA La Estanzuela, comunicación personal, 2022). *N. caninum* ha sido descrita como una importante causa de abortos en bovinos en Uruguay (Kashiwazaki *et al.*, 2004; Easton, 2006). Los efectos de la neosporosis incluyen la disminución de la producción láctea vitalicia de la hembra que aborta, un mayor riesgo de descarte, subfertilidad, reducción de la tasa de natalidad y de la disponibilidad de vaquillonas de reemplazo (DeVries 2006; Gädicke y Monti, 2008; McAllister 2016).

La economía, como ciencia, se ocupa de la toma de decisiones acerca de recursos de distinta índole para el logro de objetivos (Dijkhuizen *et al.*, 1997a). Las unidades monetarias suelen utilizarse para comparar los diferentes recursos y objetivos involucrados en la decisión (Rushton, 2009a). Desde el punto de vista productivo, la enfermedad es una influencia en el sistema que resulta en el uso adicional de recursos o en la menor generación de productos (Dijkhuizen *et al.*, 1995; Dijkhuizen *et al.*, 1997b). La estimación de pérdidas económico-productivas en la neosporosis se ha realizado a partir de los abortos, habiéndose calculado pérdidas anuales del orden de los miles de millones de dólares a nivel global y de decenas a centenas de millones de dólares para países Sudamericanos como Argentina y Brasil (Reichel *et al.*, 2013; Moore *et al.*, 2013). Las estimaciones de pérdidas económicas y productivas se han realizado mediante modelos bioeconómicos (Rashid *et al.*, 2019). Para la neosporosis se han diseñado modelos que simulan la dinámica epidemiológica (Reichel *et al.*, 2006; Häsler *et al.*, 2006a); pérdidas económicas (Reichel *et al.*, 2006; Häsler *et al.*, 2006a; Moore *et al.*, 2013), efectos de estrategias de control (Häsler *et al.*, 2006b), los costos asociados a la implementación de estrategias de control (Larson 2004; Hall *et al.*, 2005; Häsler *et al.*, 2006b), y un análisis beneficio-costos de estrategias individuales (Häsler *et al.*, 2006b) y combinadas (Liu *et al.*, 2020). Para Uruguay no se ha diseñado de un modelo bio-

económico que simule la dinámica epidemiológica de la neosporosis y abortos, junto con las pérdidas productivas y económicas relacionadas.

## **2 ANTECEDENTES ESPECÍFICOS**

### **2.1 Situación, perspectivas y desafíos de la industria lechera en Uruguay**

Durante el año 2020 el sector agropecuario empleó a aproximadamente 120.000 personas (MGAP – DIEA 2022). En 2017 la producción agropecuaria total alcanzó aproximadamente los US\$ 5.600 millones siendo el subsector pecuario el de mayor contribución representado el 40% del total de producción (MGAP – DIEA, 2022). Dentro del subsector pecuario la lechería bovina tiene relevancia continental y nacional, siendo Uruguay uno de los mayores productores y consumidores de productos lácteos per cápita en América Latina (FAO 2011). En 2021 se destinó a esta actividad una superficie total de 761.000 hectáreas, por lo que hubo una disminución de un 7,8% respecto del 2013. A pesar de la disminución de la superficie, ese mismo año 2021 la producción alcanzó los 2.274 millones de L de leche, lo que cubrió un consumo interno de 281 L/persona, estando ambos indicadores al alza (MGAP – DIEA, 2022). El año 2019 las exportaciones de productos lácteos generaron ingresos por US\$ 651.533.000, lo que representó el 8,5% del total de facturaciones por exportaciones del país (MGAP – DIEA, 2020) y en 2021 las exportaciones de productos lácteos generaron US\$ 736.822.778 (MGAP – DIEA, 2022). En 2021, las existencias de ganado lechero fueron de 712.000 cabezas, de las cuales al menos 422.000 (75%) eran hembras en edad reproductiva (vacas masa) (MGAP – DIEA, 2022).

En la década de 2010 a 2019, la remisión de leche a plantas industrializadoras creció a una tasa anual del 3%, lográndose un volumen 34% mayor que el de 2009. Esta registró un crecimiento continuo hasta el 2013, y en los siguientes tres años ocurrió un decrecimiento que se revirtió a partir de 2017, alcanzando un valor máximo en 2021 (INALE, 2019; MGAP – DIEA, 2022). A pesar del aumento productivo, la superficie total destinada a la producción lechera y el número de tambos disminuyó. En el periodo de 2013 a 2020 la suma en superficie total de los tambos disminuyó un 7,8% (MGAP – DIEA 2022). Este proceso de concentración lechera ha sido concomitante al aumento de producción de litros anuales por vaca masa, que en 2020 alcanzó 5.383 L, su máximo valor desde 2012 (MGAP – DIEA, 2022).

Según los registros del “Programa de Producción Competitiva de CONAPROLE” de 2013 a 2017, los sistemas de producción lecheros en Uruguay se basaron en la alimentación con pasturas a un bajo costo, con un 75% de la dieta con forraje cultivado en la localidad del tambo y un 25% de alimento comprado. El pastoreo, la recolección mecánica y la administración de concentrados se incluyen entre los métodos de alimentación usados. Los partos ocurren todos los meses, aunque el 65% se concentra en otoño e invierno (Fariña y Chilibroste, 2019). El proceso de intensificación sostenida de los sistemas lecheros implica desafíos productivos y sanitarios. En el marco de oportunidades productivas y comerciales que posee Uruguay frente a sus competidores, y

considerando que aproximadamente 70% de la leche producida es exportada (INALE, 2016; 2018; 2021), se resalta la importancia de detectar los factores que pudiesen frenar el progreso de la producción nacional de leche en el futuro cercano.

En este escenario tanto la mortalidad como las pérdidas reproductivas tienen un impacto negativo en el crecimiento de los rodeos, afectando la capacidad de reposición de hembras y el progreso genético (Gulliksen et al., 2009; Schild, 2017). Datos de la encuesta nacional de INALE (2014) muestran que por lo menos el 30% de los productores lecheros no contaba con una suficiente reposición para mantener su rodeo, esto resultó en que el stock lechero uruguayo se estancó durante la década de 2010 a 2019 (MGAP – DIEA, 2020). Este estancamiento en la expansión del rodeo lechero puede ser atribuido, al menos en parte, a una suma de factores que repercuten en un pobre desempeño reproductivo (Meikle et al., 2013; Da Silva, 2019; Fariña y Chilibröste 2019). Entre estos factores están: las pérdidas reproductivas (Da Silva, 2019); la alta edad al primer parto de 30 meses en promedio (Sotelo, 2017) y un marcado predominio de la genética Holstein norteamericana (87%) (INALE, 2014) que ha demostrado un desempeño reproductivo más pobre que otros genotipos en el ambiente local (Fariña y Chilibröste 2019). También la alta tasa de mortalidad anual de terneros -de 15,2%- entre el día 0 y 73 de vida (Schild, 2017) y una relativamente elevada tasa de descarte de vacas que alcanza el 20%, incluyendo un 5% de mortalidad anual (INALE, 2014; Doncel 2022), atentan contra el crecimiento de las existencias ganaderas.

El desarrollo de una lechería rentable está basado en parte en el logro de resultados adecuados en los parámetros reproductivos. Las enfermedades reproductivas que causan infertilidad y aborto en el ganado generan un importante detrimento económico en la cadena láctea (Weersink et al., 2002; De Vries, 2006) y esto no es una excepción en los rodeos de Uruguay (Fernández et al., 2007). Estas enfermedades producen pérdida de terneros, pérdidas de fetos (abortos) y disminución de la producción de leche, aumento de los costos de mantención de animales en etapas improductivas, gastos reproductivos adicionales y otros posibles efectos negativos que terminan en el descarte prematuro de animales con aumento de las tasas de reposición (De Vries, 2006; Gädicke y Monti, 2008; Da Silva 2019). Entre las causas de un pobre desempeño reproductivo hay agentes infecciosos, hormonales, genéticos y/o hereditarios, tóxicos, ambientales, y/o nutricionales (Grimard et al., 2006; Anderson, 2007; Clothier y Anderson, 2016; Da Silva 2019). En Uruguay no hay datos de eficiencia reproductiva del rodeo lechero a nivel nacional; sin embargo, se han hecho evaluaciones de predios comerciales cuyos resultados pueden ser útiles para dimensionar el problema (Gustavo Gastal, comunicación personal, INIA Uruguay, 2022).

## 2.2 Abortos en bovinos, causas y consecuencias

Las pérdidas gestacionales en el bovino pueden ocurrir en la etapa embrionaria (muerte embrionaria), período que va desde el reconocimiento materno hasta el final de la diferenciación de los órganos, alrededor del día 42-45 de gestación, o en la etapa fetal, a partir de ese momento al final de la gestación (muerte fetal). Cuando la muerte fetal se ve seguida de la expulsión del feto no viable se denomina aborto. Algunos autores denominan “natimortos” a los fetos que son expulsados muertos (abortos) entre el día 260 y el término de la gestación, considerando a estos partos patológicamente prematuros, ya que el ternero expulsado podría estar en condiciones de sobrevivir fuera del útero en caso de estar viable (Thurmond et al., 1990; Campero et al., 2003; Givens y Marley, 2008; Gädicke y Monti, 2008; Morrell, 2010; Meyer-Zarzar, 2013). Estas pérdidas gestacionales tardías, aunque sean a término, estarían dentro de la definición de aborto siempre y cuando la cría expulsada no esté viva. Cuando la muerte ocurre en el periodo periparto (durante o algunas horas luego del mismo), la muerte suele clasificarse como “muerte perinatal”.

Identificar las causas de aborto es esencial para desarrollar programas de salud dirigidos y óptimos que reduzcan las pérdidas por aborto en un rodeo determinado (Anderson et al., 1990). Sin embargo, esta identificación causal es compleja (Gädicke y Monti, 2008). Esto es debido a que en el abordaje diagnóstico es común la aparición de dificultades como la dificultad de recuperar fetos y placentas para el diagnóstico de laboratorio, la autólisis fetal y placentaria, la contaminación de estos tejidos con bacterias no patógenas u oportunistas, la falta de disponibilidad de laboratorios veterinarios y de herramientas para el diagnóstico específico, la depredación de los restos fetales y placentarios, la circulación de más de un agente abortifaciente a nivel de rodeo (Campero et al., 2003; Antoniassi et al., 2013; Clothier y Anderson 2016; Da Silva, 2019; Macías-Rioseco et al., 2020a; Macías-Rioseco et al., 2020b), entre otras. Asimismo, para el diagnóstico de aborto se recomienda considerar las diferencias regionales en la ocurrencia de ciertas enfermedades que causan abortos, ya que las fluctuaciones en su aparición pueden ser el resultado de una variedad de razones incluidas la prevalencia e incidencia de los abortifacientes en la región, los métodos de manejo de la salud del rodeo, el clima y los tipos de explotación ganadera (Anderson et al., 1990). El enfoque multidisciplinar es fundamental en el proceso diagnóstico de identificación de las distintas causas de aborto en este escenario difícil (Macías-Rioseco et al., 2020a). Usualmente se obtiene un diagnóstico etiológico en ~30-50% de los fetos bovinos abortados analizados a nivel de laboratorio (Anderson, 2007; Antoniassi et al., 2013).

Cualquier alteración de la fisiología normal de la gestación puede provocar un aborto, lo que implica que los agentes etiológicos podrían afectar a la unidad fetoplacentaria o el bienestar de la madre (Khodakaram-Tafti y Ikede, 2005). La mayoría de los abortos se han atribuido a un número limitado de agentes infecciosos (Hubbert et al., 1973; Corbellini et al., 2006; Anderson 2007; BonDurant, 2007). Las causas genéticas/hereditarias de pérdidas gestacionales en bovinos lecheros han sido poco estudiadas y es posible que estén sub-reconocidas (Briano-Rodríguez et al., 2021; Sigdel et al., 2022). Las causas genéticas no son frecuentemente exploradas, pero deberían ser



incluidas rutinariamente en estos testeos. Las etiologías de origen genético incluyen alteraciones en los cromosomas o genes, en la mayoría de estos casos no se logra un diagnóstico preciso a menos que el defecto sea evidente. Las causas ambientales son poco estudiadas y no están claramente definidas, dentro de éstas se mencionan traumas, toxicidades, hormonales, carencias nutricionales, y factores físicos y mecánicos como la temperatura y torsión uterina entre otros (Clothier y Anderson, 2016). Por último, las etiologías infecciosas parecen importantes desde el punto de vista diagnóstico ya que se identifican con más frecuencia (Kirkbride, 1992; Campero et al., 2003; Anderson, 2007), aunque esto no es sinónimo una mayor prevalencia, ya que probablemente causen menos de la mitad de los abortos (Barr y Anderson, 1993; Morrell 2010). Aunque esto se ha descrito es común que al estudiar el aborto desde el comienzo del análisis sólo se busquen etiologías infecciosas (Kirkbridge, 1992; Alacid, 2001; Campero et al., 2003) sin tomar en cuenta los otros factores, como los genéticos, que inciden en el aborto (Gädicke y Monti, 2008). Incluso se ha llegado a plantear que toda pérdida reproductiva se debería considerar de origen infeccioso hasta que se pruebe lo contrario (Meyer-Zarzar, 2013).

El no encontrar una causa infecciosa ante un aborto es esperable en los casos en que existan factores genéticos, hormonales, metabólicos, del desarrollo u otros que a menudo son difíciles o imposibles de confirmar debido a las limitaciones diagnósticas (Anderson, 2007), que incluso son más marcadas en países en vías de desarrollo. Por lo tanto, la importancia de las etiologías infecciosas en el aborto radica principalmente en que, del total de fetos enviados a los laboratorios de diagnóstico, la mayoría de los casos en los que se logra un diagnóstico etiológico tienen una causa infeccioso (Anderson, 2007; Meyer-Zarzar, 2013). También se ha detallado evidencia de la ocasional participación de múltiples agentes (Caldow, 1998) siendo en estos casos aún más difícil determinar cuál infección fue la causa principal de aborto (Corbellini et al., 2006). A nivel de rodeo, en Uruguay, se han descrito múltiples agentes para un brote de abortos en un mismo predio. En tal caso hubo abortos atribuibles a *Campylobacter fetus* subesp. *venerealis* y otros a *N. caninum* (Macías-Rioseco et al., 2020a). A pesar de que los abortos pueden ocurrir en cualquier período de la gestación, los mismos son más fáciles de notar en el segundo y tercer trimestre de gestación, probablemente debido a la mayor dificultad para encontrar los fetos más pequeños abortados en el primer trimestre (Morrell, 2010). Esto podría contribuir al sesgo de buscar un agente infeccioso como responsable en primera instancia (Meyer-Zarzar, 2013).

Varias enfermedades que causan abortos en bovinos han sido identificadas en Uruguay (Repiso et al., 2005; Bañales et al., 2006; Easton, 2006; Piaggio, 2006; Macías-Rioseco, 2020a; Macías-Rioseco et al., 2020b; Rabaza et al., 2021; Giannitti et al., 2022) y en diversas regiones geográficas con diferentes tipos de producciones (Anderson et al., 1990; Kim et al., 2002; Campero et al., 2003; Khodakaram-Tafti y Ikede, 2005; Corbellini et al., 2006; Anderson, 2007; Fernández et al., 2007; Morrell, 2010; Antoniassi et al., 2013; Clothier y Anderson, 2016). A pesar de la amplia identificación de los agentes involucrados en los abortos, en Latinoamérica no hay mucha información actualizada que permita comparar las proporciones entre los distintos agentes

etiológicos de abortos en el ganado bovino (Macías-Rioseco et al., 2020a). En Brasil, se examinaron 161 fetos abortados, determinando la causa de aborto en el 51,5% de los casos. De estos, *N. caninum* fue el agente más comúnmente detectado (23% de los casos) (Corbellini et al., 2006). En Argentina, la examinación de 150 fetos abortados determinó un 52% de diagnóstico etiológico, también siendo *N. caninum* el agente más común (14,7% de los casos) (Morrell, 2010). Además, el 25,3% de los casos sin diagnóstico específico tuvo lesiones microscópicas compatibles con causas infecciosas (Campero et al., 2018). En Chile, en un estudio de 494 fetos se obtuvo un diagnóstico etiológico en 59,7% de los casos, con *Leptospira* spp. y *N. caninum* como principales agentes involucrados (25,2% y 22% de los casos, respectivamente) (Meyer-Zarzar, 2013).

De todas las etiologías de aborto, las infectocontagiosas han sido descritas en rodeos bovinos en todo el mundo, entre estas se encuentran protozoos, bacterias, virus y hongos (Kim et al., 2002; Fernández et al., 2007, Anderson, 2007; Morrell, 2010; Antoniassi et al., 2013; Anderson y Clothier, 2016). Algunos estudios etiológicos en fetos bovinos abortados describen que la mayoría de los casos con una causa determinada se deben a agentes infecciosos (Anderson et al., 1990, Kirkbride, 1992). En un estudio realizado en un laboratorio diagnóstico en California, se estableció que los agentes infecciosos fueron responsables de un 61,5% de los abortos (288/468) (Anderson et al., 1990). En un estudio posterior y similar, más del 58% de los abortos (387/665) tenían lesiones compatibles con etiología infecciosa (Clothier y Anderson, 2016). Las enfermedades infectocontagiosas son frecuentemente reportadas como causa de abortos en bovinos en Uruguay (Kashiwazaki et al., 2004; Easton, 2006; Macías-Rioseco, 2020b). En el período comprendido entre 2002 y 2005 fueron las principales causas de abortos determinadas por la Dirección de Laboratorios Veterinarios (DILAVE) Miguel C. Rubino del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). Específicamente, los agentes involucrados fueron *N. caninum*, *Campylobacter fetus*, *Brucella abortus*, virus de la diarrea viral bovina (DVB) y herpesvirus bovino-1 (HVB-1) (Easton, 2006). En un estudio de serie de 102 casos realizado entre 2015 y 2018 los agentes involucrados fueron *N. caninum* (29,4%, 30 casos), seguido por *Coxiella burnetii* (5,9%, 6 casos), *Campylobacter fetus* subsp. *venerealis* (2%, 2 casos) y en menor frecuencia *Escherichia coli*, virus de la parainfluenza-3 bovina, *Salmonella enterica* serovar Newport, *Trueperella pyogenes*, *Mannheimia* spp., *Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp., y otras bacterias oportunistas (conjuntamente 12,7%, 13 casos) (Macías-Rioseco, 2020a). Más recientemente se ha asociado al *Epsilonpolyomavirus bovis* como probable causa de aborto en bovinos lecheros de Uruguay (Giannitti et al., 2022).

La comparación de los resultados de los distintos estudios que abordan el aborto bovino y sus múltiples causas está limitada, ya que tienen metodologías distintas en cuanto a las técnicas y herramientas utilizadas, características de las poblaciones estudiadas y sistemas productivos en donde se originan. A pesar de esto en todos se destaca la importancia de las etiologías infecciosas y en particular *N. caninum* como uno de los principales agentes identificados. Esto es similar a lo reportado mundialmente como causal de aborto en bovinos (Dubey y Schares, 2011).

La enfermedad producida por *N. caninum* (neosporosis) ha sido descrita en varios países de Sudamérica, como Uruguay, Brasil, Argentina, Chile, Paraguay, Perú, Venezuela y Ecuador (Moore, 2005; Obando et al., 2010; Furtado et al., 2011; Baquero et al., 2022). En Uruguay, la neosporosis fue reportada con tasas de seroprevalencia entre 13% y 28% a nivel individual y 61,3 y 76,8% a nivel predial, tanto en ganado de carne como de leche (Kashiwazaki et al., 2004; Piaggio et al., 2004; Repiso et al., 2005; Bañales et al., 2006; Furtado et al., 2011). Un estudio de representatividad nacional en el año 2015 determinó una seroprevalencia individual promedio de 21,5% y predial de 96% (Macchi, 2019) en ganado de leche. En conjunto, los resultados de los estudios de fetos abortados y seroepidemiológicos indican que en Uruguay la neosporosis es una importante causa de abortos y por ende de pérdidas económicas, que aún no han sido cuantificadas en el país.

En cuanto a la proporción de los abortos, hay valores que se han considerado aceptables en un sistema productivo, significando pérdidas esporádicas que varían entre el 0,3% y 5% (Givens y Marley, 2008; Humblot, 2001; Walsh et al., 2011). No obstante, el aborto es descrito como la consecuencia de un evento patológico; por lo tanto, la presentación de al menos un aborto debe interpretarse como un problema en el rodeo y motivar una investigación diagnóstica y epidemiológica en el predio (Da Silva, 2019). Un estudio en Argentina reportó una proporción de abortos de 10% en promedio, variando entre 2 y 27% entre los tambos (Campero et al., 2017).

El aborto tiene un impacto en el desempeño productivo futuro y afecta las predicciones del flujo de fondos del sistema al disminuir la producción láctea vitalicia (por la interferencia en la duración de los períodos de lactancia y período seco), generar un mayor riesgo de descarte anticipado de hembras, producir secuelas como subfertilidad, reducir la tasa de natalidad en el rodeo y reducir la disponibilidad de vaquillonas de reemplazo (DeVries 2006; Gädicke y Monti, 2008; McAllister 2016). La neosporosis tiene como efecto principal el aborto y las consecuencias económico-productivas de este evento han sido descritas para países distintos al Uruguay. Es posible que el descarte anticipado de hembras sea la más notoria de las consecuencias en animales adultos. La identificación de los abortos y consecuencias económico-productivas es aún más compleja en el ganado de carne en sistemas extensivos, debido a la dificultad de monitorear el momento en que los fetos son expulsados, por lo que no hay muchas evaluaciones precisas para las pérdidas producidas por la neosporosis (Dubey y Schares, 2011). Además de las pérdidas lácteas, en rodeos de carne, el aborto implica la pérdida completa del producto comercializable (ternero) en el ciclo productivo.

### **2.3 Neosporosis**

*Neospora caninum* es un protozooario intracelular obligado de la clase Coccidia, familia Sarcocystidae, phylum Apicomplexa (Dubey et al., 1988; Dubey y Lindsay, 1996; Dubey y Schares, 2011). *N. caninum* fue reportada públicamente por primera vez como agente causal de

abortos en vacas lecheras en el año 1989 en un rodeo ubicado en Nuevo México (Thilsted y Dubey 1989), identificándose el protozoo en el tejido nervioso de fetos abortados (Dubey y Lindsay, 1996) y si bien ese fue el primer reporte publicado, hubo descubrimientos previos del agente junto con la reproducción de la enfermedad cumpliendo con los postulados de Koch, que se realizaron en California en la segunda mitad de la década de los 80 (O'Toole, 2010). La neosporosis es la enfermedad causada por *N. caninum* (Dubey et al., 1988). El estudio de diferentes aislados del agente ha revelado una gran variabilidad en su virulencia y distintos rangos de velocidad de crecimiento in vitro (Donahoe et al., 2015).

El ciclo de *N. caninum* es heteroxeno, siendo los hospederos definitivos los caninos (perros, lobos, coyotes y dingos), que eliminan ooquistes infectantes (conteniendo esporozoitos) en las heces (Dubey et al., 2007) que luego son transmitidos a varios hospederos intermediarios, entre los que se encuentran bovinos, cérvidos, ovinos, búfalos, roedores, aves, equinos e incluso otros cánidos (Dubey, 1999; Dubey y Schares, 2011). El ciclo incluye 3 estadios infecciosos: taquizoítos, bradizoítos y esporozoítos, en los cuales ocurren dos formas de reproducción, sexuada y asexuada (Dubey, 2003; Dubey et al., 2006; Monney y Hemphill, 2014). Los taquizoítos y bradizoítos se encuentran a nivel intracelular en los tejidos del hospedero intermediario (Dubey, 1999; Dubey et al., 2006), en donde toma lugar la reproducción asexuada; mientras que los esporozoitos son excretados por el hospedador definitivo, en donde ocurre la reproducción sexuada (Dubey et al., 2006; Almería, 2013; Almería y López-Gatius, 2013; McAllister 2016).

Los esporozoitos resultan de la reproducción sexual del parásito en el intestino de los hospederos definitivos, siendo eliminados con las heces como ooquistes resistentes al frío y la desecación (Lindsay et al., 1999). Luego de esporular, los hospederos intermediarios pueden adquirir el parásito al ingerirlo en el agua o alimentos contaminados. Inicialmente los esporozoitos ingeridos dan lugar a taquizoítos, estado intracitoplasmático de multiplicación rápida que invade las células intestinales del hospedador produciendo luego parasitemia. La enfermedad clínica es causada por los taquizoítos (McAllister 2016; Dubey et al., 2017). En esta fase los taquizoítos penetran activamente tejidos y células, se dividen rápidamente e incluso son capaces de cruzar la placenta y causar infecciones fetales en hembras preñadas. Los taquizoítos proliferan hasta que las células del hospedador se rompen y entonces nuevamente infectan otras células vecinas (Innes et al., 2000). Cuando el sistema inmune del hospedero comienza a montar una respuesta efectiva, la replicación del protozoo se enlentece y comienza la fase de multiplicación lenta con la formación de bradizoítos que quedan confinados al interior de un quiste tisular (Dubey 1999; Peters et al., 2001; Dubey et al. 2002). Si la respuesta inmune no es suficientemente efectiva, los taquizoítos continuarán su proceso de multiplicación y en algunas especies incluso podrían causar la muerte (Buxton et al., 2002). Los quistes microscópicos con bradizoítos se ubican preferentemente en el cerebro, médula espinal y músculo estriado de los hospederos intermediarios, siendo un estadio de latencia responsable por infecciones crónicas que suelen perdurar de por vida (Goodswen et al., 2013). Ocasionalmente los bradizoítos enquistados sufren

de una reactivación, transformándose en taquizoítos que potencialmente pueden realizar una nueva parasitemia e invadir otras células (Dubey et al., 2017; McAllister 2016). Esto puede determinar la recidiva de la enfermedad dependiendo del balance entre la multiplicación y penetración de los taquizoítos y la habilidad que tiene el hospedero de inhibir la multiplicación, reactivación y diseminación de esta forma infectante (Buxton et al., 2002).

Cuando los tejidos de un hospedero intermediario con quistes tisulares son ingeridos por un hospedero definitivo, los bradizoítos latentes son activados mediante digestión gástrica, invaden el tracto intestinal, se reproducen y el ciclo se renueva a través de la eliminación fecal de ooquistes no esporulados unos 5 días después de la ingestión (Lindsay et al., 1999; Goodswen et al., 2013; Dubey et al., 2017; McAllister, 2016). Esta forma de transmisión se denomina horizontal. En los hospederos intermediarios también ocurre frecuentemente la denominada transmisión vertical, que se da por vía transplacentaria, con tasas de prevalencia reportadas de 40-95% entre los terneros nacidos de vacas seropositivas, siendo una de las principales fuentes de perpetuación transgeneracional del agente en los rodeos (Reichel et al., 2014; Da Silva, 2019).

Respecto de la patogenia de la neosporosis, *N. caninum* es considerado un patógeno primario causante de aborto (Dubey et al., 2006). El aborto es producido por daño a nivel placentario o fetal, ya sea luego de una primoinfección (transmisión transplacentaria exógena) o de reactivación de una infección persistente en la vaca (transmisión transplacentaria endógena) (Dubey et al., 2006; McAllister, 2016). En el inicio de la infección el protozoo afecta la placenta y produce la liberación de prostaglandinas, pudiendo resultar en luteólisis y aborto (Dubey et al., 2006). De manera secundaria el daño placentario afecta la nutrición y oxigenación del feto con su subsecuente muerte. Los taquizoítos en su multiplicación también pueden dañar directamente al feto, produciendo lesiones (necrosis e inflamación) en órganos vitales con el mismo resultado (Dubey y Schares, 2011). Adicionalmente, la necrosis e inflamación placentaria pueden llegar a ser tan severa como para producir la expulsión del feto (Dubey et al., 2006).

En el primer tercio de la gestación el feto es particularmente sensible al agente, debido a que no se ha completado la formación del timo, bazo y linfonodos (Goodswen et al., 2013). En este momento es poco probable que el feto sobreviva a la infección; sin embargo, a medida que se avanza hacia el segundo tercio de gestación, estos tejidos linfoides responden al desafío de distintos microorganismos, volviéndose el sistema inmune cada vez más eficiente desde el día 100 a 150 (Dubey et al., 2006). Es en esta etapa cuando el feto es capaz de formular una respuesta inmune rudimentaria mediada por anticuerpos, pero que generalmente no es suficiente para controlar la multiplicación de taquizoítos y destrucción celular, dado que la mayoría de los abortos ocurre en esta fase gestacional (Maley et al., 2003). Existe evidencia de la mayor presencia de lesiones en múltiples órganos, como cerebro, corazón, riñones y pulmones en fetos con infecciones tempranas en comparación con aquellos de infecciones más tardías que suelen presentar principalmente lesiones en el cerebro (Innes, 2007). De manera que es más probable que un ternero nacido

infectado pero clínicamente sano, pertenezca al grupo que se infecta en el último tercio de la gestación (Dubey y Lindsay, 1996; Guy et al., 2001). Es importante señalar en este contexto que las hembras que abortan por primera vez no necesariamente generan una inmunidad suficiente para protegerlas de un nuevo aborto, por lo que el evento puede repetirse o haber nacimientos de crías persistentemente infectadas (Dubey y Lindsay, 1996; Anderson et al., 2000; Innes et al., 2005). Similarmente, se ha descrito el aborto por neosporosis en una vaca que había dado una cría viable congénitamente infectada en una gestación previa, por lo que la exposición natural a una determinada cepa no necesariamente confiere protección contra el aborto por una cepa diferente en gestaciones sucesivas (Giannitti et al., 2022).

La neosporosis bovina suele presentarse de forma subclínica en bovinos adultos (Dubey y Lindsay, 1996; Goodswen et al., 2013). El principal signo clínico de la neosporosis es el aborto, tanto para ganado de leche como de carne, no afectando la fertilidad de las vacas previa a la gestación (Anderson et al., 2000; Dubey, 2003; Dubey et al., 2006; Almería y López-Gatius, 2013). El aborto es el único signo visible y puede ocurrir en hembras de cualquier edad (Dubey, 1996; 2003; Dubey et al., 2007; Dubey y Schares, 2011). En ocasiones, se han observado estados febriles en vacas inoculadas con el agente, pero esto no ha sido reportado en animales naturalmente infectados (Dubey et al., 2006). El aborto por neosporosis no se caracteriza por asociarse a retenciones placentarias (Dubey et al., 2006). Además, la transmisión vertical de la infección es más frecuente que el aborto (Davison et al., 1999).

El aborto puede ocurrir desde los 2-3 meses de gestación hasta casi el término, aunque es más común durante el segundo tercio de gestación (Conrad et al., 1995; Anderson et al., 1995; Dubey, 1996; Dubey, 2003; Dubey et al., 2007; Dubey y Schares, 2011). Cuando la infección ocurre entre los 3 y 8 meses de gestación es común la muerte fetal con expulsión (Dubey et al., 2006). Por último, el feto puede estar infectado y completar la gestación, naciendo vivo con signos neuromusculares o clínicamente sano en condiciones de infección persistente (Dubey y Lindsay, 1996; Dubey, 1999; Dubey, 2003; Almería y López-Gatius, 2013). Hasta un 95% de los terneros que nacen de vacas infectadas pueden ser persistentemente infectados (Davison et al., 1999), y la gran mayoría de estos nace sin signos clínicos (Anderson et al., 2000). No obstante, algunos de los terneros nacidos vivos pueden presentar signos neuromusculares dentro de los primeros 3 a 5 días de vida, aunque pueden aparecer más tarde, hasta los 2 meses de nacido, limitándose al sistema nervioso central (Dubey y Lindsay, 1996). El desarrollo de estos signos neurológicos se da usualmente cuando la vía de infección es la transplacentaria exógena (Reichel et al., 2014).

En bovinos existen dos formas de transmisión fundamentales que mantienen la prevalencia de *N. caninum* en los rodeos (Dubey y Schares, 2011). La transmisión horizontal en ganado ocurre generalmente en un rango bajo (menor a 5%), excepto en los casos de brotes de abortos epidémicos en los rodeos, habiendo sido provocados por una exposición repentina a una fuente de infección medioambiental puntual. La exposición del ganado es a través de la contaminación del alimento o

de las fuentes de agua, con heces de cánidos que han eliminado ooquistes durante el ciclo (Dubey 1999; Anderson et al., 2000; Dijkstra et al., 2001; McAllister y Lathman, 2002; Dubey 2003). La transmisión vertical es mucho más eficiente que la horizontal, alcanzando valores de hasta el 95%, y es lo suficientemente efectiva como para mantener la infección en rodeos por largos períodos de tiempo, sin la necesidad de que haya una nueva introducción de la infección en el rebaño desde el medio ambiente (ooquistes) o de fuentes externas (comprando hembras infectadas) (Piaggio, 2006).

Hay dos patrones epidemiológicos de aborto en la neosporosis bovina y que están determinados por el ciclo biológico del protozoo y las formas de transmisión: el patrón de abortos epidémico, que consiste en brotes de aborto repentinos; y el patrón de abortos endémico, caracterizado por un aumento de la tasa de abortos a través de los años. También hay infestaciones subclínicas que no determinan abortos (McAllister, 2016). En el patrón epidémico, hay una elevada proporción de vacas o vaquillonas preñadas que abortan en un período corto, siendo una proporción mayor al 10% de las vacas en riesgo en 6-8 semanas (Dubey et al., 2017). Esto generalmente ocurre a partir de un evento de exposición puntual y reciente del rodeo a fuentes de ooquistes, lo que se sostiene por evidencia serológica (pruebas de avidéz de IgG) consistente con la vía de transmisión exógena (McAllister, 2016). Este patrón también se denomina tormenta de abortos (Yaeger et al., 1994; McAllister et al., 1996).

En los rodeos con neosporosis endémica los animales seropositivos usualmente están relacionados a través de líneas maternas; las hembras infectadas paren crías congénitamente infectadas, que continúan el ciclo de transmisión endógena al ser incorporadas al rodeo como reproductoras. Se considera un patrón de abortos endémicos (o esporádicos) cuando la tasa de abortos es menor al 5% anual y que persiste por varios años (Anderson et al., 2000). Las hembras seropositivas tienen en promedio ~3,5 veces más riesgo relativo de abortar que las seronegativas a *N. caninum* (Reichel et al., 2013). Para las hembras congénitamente infectadas, este mayor riesgo de abortar ocurre en la primera preñez siendo ~7,4 veces más alto. Si la primera paridad es exitosa el riesgo de aborto en futuras preñeces disminuye significativamente, pero si la vaquillona aborta en su primera gestación, el riesgo de aborto en gestaciones posteriores permanece alto, siendo ~5,7 veces mayor en la gestación siguiente (Thurmond y Hietala, 1997). Los abortos endémicos ocurren esporádicamente causando pérdidas persistentes a través de los años, que incluso pueden ser percibidas como normales por los productores. Esta es probablemente la situación más frecuente en Uruguay (Piaggio, 2006; Macchi, 2019).

A pesar de la mayor eficacia de la transmisión vertical, la infección en el rodeo no podría persistir sin la transmisión horizontal (Dubey et al., 2006), aunque sea en bajos niveles. Esto se explica porque la eficiencia de la transmisión vertical está por debajo del 100%, y es razonable pensar que únicamente con esta vía de infección la prevalencia de *N. caninum* iría disminuyendo con el recambio en el rodeo (Dubey et al., 2007). De tal manera que ambas formas o modelos de

transmisión actúan de forma sinérgica en el mantenimiento de una alta seroprevalencia en rodeos endémicamente infectados (Bartels et al., 2007; Macchi 2019).

## **2.4 Prevalencia de la neosporosis en Uruguay**

En Uruguay el primer antecedente de exposición a *N. caninum* data de un estudio realizado en perros de estancias que determinó seropositividad de un 20% mediante inmunofluorescencia indirecta (IFI) (Barber et al., 1997). El primer diagnóstico de neosporosis en perros y bovinos mediante inmunohistoquímica (IHQ) y serología (IFI) fue realizado en 1999 (Bañales et al., 1999), y desde entonces se realiza en forma rutinaria en la DILAVE del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). Un trabajo realizado por Easton et al. (2003) en el que se describió la etiología de abortos en fetos bovinos abortados analizados en la DILAVE entre el año 1996 y 2002 determinó que *N. caninum* era una de las principales causas identificada de aborto (22%).

Un estudio seroepidemiológico cuyo muestreo fue en el año 2000, describió abortos por *N. caninum* en un tambo con alta seroprevalencia (61,3%), junto con asociación significativa entre seropositividad y abortos (Kashiwazaki et al., 2004). En el año 2003 se estimó una seroprevalencia nacional de 22,0±5,2% a nivel individual (animales positivos) y 92,0% a nivel predial (predios con a lo menos un animal positivo) en ganado de leche (Piaggio, 2006), mientras que para ganado carnívoros la prevalencia fue 13,9% a nivel individual y 69,2% a nivel predial (Bañales et al., 2006). Adicionalmente, el estudio realizado en ganado lechero identificó que la seroprevalencia en perros de los predios era de 41% de 212 perros, y que la difusión de perros seropositivos alcanzaba el 63% de los tambos (Piaggio, 2006). Un estudio de representatividad nacional realizado en 2015 indicó prevalencias prediales de 86,5% y 96% para establecimientos de carne y leche, respectivamente, con prevalencias individuales de 22,3% en ganado lechero y 14,3% en ganado de carne (Macchi, 2019). En general, los resultados observados en los estudios realizados en Uruguay están dentro del rango del 14,1% al 88% reportado en bovinos de leche en Sudamérica (Moore, 2005) y en el mundo, donde la seroprevalencia media de *N. caninum* en ganado lechero es 16,1% (variación de 3,8% a 89,2%) (Reichel et al., 2013). La comparación de todos estos antecedentes indica que la prevalencia y difusión de la neosporosis se ha mantenido en niveles altos en las últimas décadas (Macchi, 2019).

## **2.5 Economía en salud animal**

La economía, como ciencia, se ocupa de la toma de decisiones acerca de recursos para el logro de determinados objetivos (Dijkhuizen et al., 1997a). En esta ciencia las unidades monetarias suelen utilizarse para comparar los diferentes recursos y objetivos involucrados en la decisión (Rushton, 2009a). Tanto la salud como el bienestar animal tienen un impacto en la productividad y acceso a mercados (Morris, 1997a) y el enfoque económico-productivo de la salud animal optimiza las gestiones (Dijkhuizen et al., 1997a). Existe una gran variedad de servicios veterinarios dirigidos a



satisfacer las necesidades de los productores y mejorar los sistemas gradualmente, por lo que la determinación de una nueva medida, programa, insumo y niveles en un sistema productivo requieren una evaluación económica que será de utilidad para un productor individual, un grupo de ellos o un gobierno con la intención de implementar políticas sobre alguna enfermedad (Dijkhuizen et al., 1997a; Rushton, 2009a).

La evaluación económica incluye procedimientos para cuantificar el riesgo y las pérdidas que implica la enfermedad (Morris, 1997a). Las respuestas de la evaluación se basan en la comprensión de la relación de las *entradas* (insumos, factores o recursos) y *salidas* (productos) en el proceso de control de las enfermedades, que a su vez se enmarca en la función de producción propia del sistema descrito. Una vez determinados los factores, los cálculos o estimaciones se pueden rehacer en distintos escenarios de incertidumbre, para evaluar el impacto de la variación de insumos, factores o recursos en todo el sistema (Morris, 1997a; Rushton, 2009a).

Para implementar un proceso de evaluación económica es necesario comprender el significado de algunos conceptos. La producción es el proceso de utilizar recursos, insumos, factores, o servicios productivos para crear productos (bienes o servicios). Todos los sistemas ganaderos son actividades de producción y buscan la creación de riqueza o beneficios. Las utilidades son la diferencia entre los ingresos obtenidos y todos los gastos incurridos en la actividad productiva, mientras que la productividad es la relación entre recursos y productos, que se utiliza como medida de eficiencia en el sistema y cuyo análisis requiere describir las relaciones cuantitativas mediante una función matemática de producción (Rushton, 2009b). Además, para expresar los efectos físicos en términos económicos comparables es necesario comprender los conceptos de valor y costos de recursos y productos.

La idea del valor de un producto está determinada por su disponibilidad y los principios de oferta y demanda, este valor puede o no reflejarse con precisión en su precio de mercado. Asimismo, el costo corresponde a los recursos que se utilizan para hacer que un producto esté disponible (Dijkhuizen et al., 1997a). Debido a que la producción de un producto o el consumo de un recurso implican el sacrificio de alternativas y por lo tanto tiene un costo, surge el concepto de costo de oportunidad (Rushton, 2009a). El costo de oportunidad del uso de un recurso de una manera particular corresponde al valor de ese mismo recurso si se usara de la mejor manera alternativa. Es decir, el valor de la mejor opción no realizada, o sacrificio de alternativas. Este costo también puede no reflejarse con precisión en su precio de mercado (Dijkhuizen et al., 1997a). La depreciación es una estimación del monto por el cual cae el valor de un capital en un período determinado. Por lo tanto, representa un costo de propiedad de ese artículo. Esta puede ocurrir por tres razones: obsolescencia, deterioro gradual con la edad, y/o desgaste con el uso (Rushton, 2009c). En los estudios económicos, las pérdidas por mortalidad deben medirse como la diferencia entre el valor de mercado potencial del animal y su valor cuando está muerto, menos los costos en

los que se habría incurrido para obtener el valor de mercado (cuidado, alimentación, costos de comercialización y otros) (Dijkhuizen et al., 1997a).

Algunos indicadores expresan medidas de valor general en un flujo de fondos (costos y beneficios) esperados; estos indicadores resultan útiles para usarlos bajo un criterio de decisión en ciertos análisis económicos (Huirne et al., 1997a). El valor actual neto (VAN) diferencial, expresa la diferencia entre el valor actual total de los beneficios y los costos (valor presente de los beneficios netos) de una situación (por ejemplo, de un vientre que aborta) y el de otra situación (por ejemplo el de un vientre que no aborta) (Huirne et al., 1997; Rushton, 2009c). Si bien el VAN expresa el nivel de los beneficios netos, no muestra su proporción respecto de los costos. Es por esta razón que suele usarse en conjunto con otros indicadores de rentabilidad como la tasa interna de retorno (TIR). La TIR representa la tasa de interés a la cual el valor actual de los beneficios iguala al valor actual de los costos. Es decir, la tasa de interés que tendría que aplicarse al proyecto de inversión para reducir su valor actual neto a cero (Huirne et al., 1997).

El análisis económico de las enfermedades toma en cuenta sus diferencias en su epidemiología y en la naturaleza de su aparición, así como a una variación en las medidas preventivas, tratamientos y respuestas (Tisdell, 2009). El beneficio económico de controlar una enfermedad en el ganado puede medirse a través de la reducción de la pérdida económica a diferentes niveles de gasto en su control (McInerney, 1991). Para esto se necesita información expresada en datos, pero incluso su recopilación y el procesamiento también implican un costo (Rushton, 2009d). Se ha planteado que solo es económicamente factible recopilar y procesar la información hasta el nivel en el que el costo adicional de esto sea igual al valor económico adicional esperado (Baumol y Quandt, 1964; Tisdell, 1996; Ramsay et al., 1999). Por tanto, es importante saber analizar el control óptimo de las enfermedades en la incertidumbre a partir de modelos para la toma de decisiones (Tisdell, 2009).

El modelo conceptual básico para los análisis económicos incluye tres componentes: recursos, productos y personas (Dijkhuizen et al., 1995). Las enfermedades animales son una influencia que afecta el proceso de transformación de los recursos, lo que resulta en un uso adicional de estos o en la generación de menos productos. Estos efectos en el proceso de transformación de recursos se denominan directos (Dijkhuizen et al., 1997a). Las enfermedades animales además pueden afectar a otras partes del sistema económico, disminuyendo los beneficios para las personas, estos se denominan efectos indirectos (Dijkhuizen et al., 1997a; Otte y Chilonda, 2001). A partir de los efectos directos e indirectos de la enfermedad, las pérdidas económicas también se pueden clasificar como directas o indirectas (Otte y Chilonda, 2001).

Las pérdidas económicas directas pueden ser evidentes (muerte, aborto, reducción de la producción de leche, retraso del crecimiento) o no evidentes (diminución de la eficiencia de conversión, disminución de la estructura del rebaño, pérdida del mérito genético, disminución de

la fertilidad). Asimismo, las pérdidas económicas indirectas pueden ser evidentes (costos adicionales de vacunación, fármacos, semen, colapso del comercio de exportación, pérdida de acceso a nuevos mercados, tecnologías de producción subóptimas) y no evidentes (limitaciones al desarrollo agrícola, costos adicionales de infraestructura y labores extra) (Dijkhuizen et al., 1997a; Otte y Chilonda, 2001; Rushton, 2009e; Gädicke y Monti, 2008).

Desde el punto de vista económico en el sistema productivo, los problemas reproductivos (por ejemplo, aborto) conducen eventualmente a un intervalo entre partos más prolongado o a un descarte prematuro (Dijkhuizen et al., 1997b). El aborto también se puede considerar una muerte prematura desde el punto de vista económico (Dijkhuizen et al., 1997b). En particular, los efectos económicos de un aborto pueden cuantificarse por las pérdidas reproductivas y productivas. Estas pérdidas a su vez deben identificarse de manera integral en todo el ciclo productivo, ya que no solo corresponden a la potencial pérdida del ternero, sino que es una pérdida equivalente a los costos necesario para establecer y mantener la preñez (Gädicke y Monti, 2008). Considerando lo anterior se puede inferir que el costo de la preñez aumentará a medida que se acerca el parto (Groenendaal et al., 2004; DeVries, 2006; Dubey y Schares, 2011). Adicionalmente, el efecto de un aborto tiene un impacto en el desempeño futuro y por lo tanto afecta las predicciones del flujo de fondos de la explotación al disminuir la producción láctea vitalicia (por la interferencia en la duración de los períodos de lactancia y período seco), generar un mayor riesgo de descarte anticipado de hembras, producir secuelas como subfertilidad, reducir la tasa de natalidad en el rodeo y reducir la disponibilidad de vaquillonas de reemplazo (DeVries 2006; Gädicke y Monti, 2008; McAllister, 2016). Numerosos estudios han documentado que los días añadidos en los que las vacas no están preñadas más allá del tiempo óptimo después del parto son costosos (Holmann et al., 1984; Groenendaal et al., 2004; Meadows et al., 2005; DeVries 2006), por lo que el costo de una preñez y las pérdidas por el aborto dependen en parte de la etapa en la que ocurren (Groenendaal et al., 2004; Dubey y Schares, 2011). La estimación del costo de la preñez, y por lo tanto las pérdidas incurridas por el aborto, también se ven afectadas por variables como el número de lactancias de la vaca preñada, la producción de litros de leche, la persistencia de la lactancia, precios y decisiones en la reproducción y reemplazo de vaquillonas. Son necesarios más estudios que analicen de forma sistemática cómo el valor de la preñez y las pérdidas por aborto dependen de estos factores (Dubey y Schares, 2011).

En el caso de la neosporosis, la pérdida económica se basa en todos los efectos antes mencionados (Dubey y Schares, 2011). Hay varios estudios que estiman las pérdidas económicas producto de la neosporosis, aunque muchos se han enfocado principalmente en el aborto, la pérdida por la disminución de la producción láctea y en algunos casos el descarte anticipado (Larson 2004; Hall et al., 2005; Reichel et al., 2006; Häsler et al., 2006a; Häsler et al., 2006b, Moore et al., 2013; Liu et al., 2020). Con base en las definiciones anteriores, para la neosporosis solo algunos estudios han cuantificado las pérdidas económicas a partir de la definición más amplia de efectos directos (aborto, disminución de la producción láctea, el descarte anticipado, aumento del intervalo entre

partos, aumento de la edad al primer parto) y efectos indirectos (inseminaciones adicionales, servicios veterinarios y labores extra, costos de diagnóstico) (Chi et al., 2002; Bartels et al., 2006). Incluso considerando los efectos ya descritos, los relacionados específicamente a esta enfermedad podrían estar siendo subestimados ya que, exceptuando el aborto, son difíciles de notar en el ganado adulto. Es posible que el descarte anticipado de hembras sea la más notoria de las consecuencias en animales adultos (Dubey y Schares, 2011). En Uruguay, el aborto como causa de descarte se ha determinado como relativamente importante, alcanzando una proporción de 12,2% respecto del total de causas de descarte descritas (Doncel, 2022).

## **2.6 Modelación y simulación**

La modelación y simulación son herramientas útiles para la estimación de las pérdidas económicas de enfermedades (Rashid et al., 2019). En particular, hay varios estudios económicos de la neosporosis en rodeos lecheros o de producción de carne, que a través del diseño de modelos con distintos enfoques metodológicos y simulaciones locales, nacionales e internacionales han estimado las pérdidas económicas por la enfermedad, e incluso a veces evaluando los costos de posibles estrategias de control (Bennet et al., 1999; Chi et al., 2002; Larson et al., 2004; Bartels et al., 2006, 2009; Häsler et al., 2006a; Reichel et al., 2006; Cabrera et al., 2012a, 2012b; Moore et al., 2013; Reichel et al., 2013; Liu et al., 2020).

Un modelo corresponde a una representación abstracta, conceptual, gráfica, física o matemática de fenómenos, sistemas o procesos con el fin de analizarlos, describirlos, explicarlos, simularlos y predecirlos (Dijkhuizen et al., 1997c). En el marco de la modelación, un sistema se describe como un conjunto complejo de componentes relacionados que existen dentro de un límite predefinido y reaccionan como un todo, una unidad, a estímulos externos o internos (Dent y Blackie, 1979). El análisis de sistemas evalúa las entradas y salidas de sistemas complejos mediante el uso de modelos matemáticos. Los modelos matemáticos se definen como un conjunto de ecuaciones que describen o imitan a una parte interrelacionada del mundo real, o un sistema (Hillier y Lieberman, 1990) (Dijkhuizen et al., 1997c). Los modelos matemáticos son herramientas útiles para comprender la economía de la salud animal y su propósito es entregar una base o aproximación objetiva para evaluar la información disponible sobre el sistema, detectar dónde hay carencias de conocimiento de éste y apoyar el control de su gestión (Dijkhuizen et al., 1997c). Los términos modelo y simulación no son sinónimos, ya que para simular un proceso en un sistema, primero se debe crear un modelo de este. Por tanto, el proceso de modelado viene antes de la simulación, y la simulación es una actividad que depende del ejercicio del modelo ya diseñado. Esta distinción se hace más notoria cuando se desarrollan modelos deterministas y luego se ejercitan en distintas condiciones (se simulan condiciones) para generar resultados basados en cambios hipotéticos simples (Guerrero, 2019b). La modelación y simulación se han utilizado en políticas de control de enfermedades animales en los últimos años, tanto a nivel nacional como en rebaños individuales en países distintos de Uruguay. Siempre que se realiza el análisis de una política de salud animal

para una enfermedad debería aplicarse un modelo epidemiológico y económico (Dijkhuizen et al, 1997c; James, 2009).

Los métodos de modelación y simulación son útiles cuando la experimentación en la vida real sería imposible, costosa o disruptiva, como ocurre en enfermedades altamente contagiosas; y también en la exploración de estrategias alternativas aún no aplicadas. Asimismo, un buen diseño del modelo y simulaciones debería corresponderse con la realidad para obtener resultados útiles (Dijkhuizen et al, 1997c). Sobre los modelos epidemiológicos, su aplicación más valiosa es aclarar la comprensión de los mecanismos de transmisión y mantenimiento de enfermedades. Así, en la evaluación de posibles políticas de control de enfermedades los resultados de los modelos epidemiológicos se pueden articular con el análisis económico formal (James, 2009).

Los modelos se pueden clasificar mediante varios criterios. El más amplio considera su naturaleza concreta o abstracta, habiendo modelos físicos, analógicos o simbólicos. Un modelo físico es una réplica física que se puede operar. Un modelo analógico comparte similitudes con el objeto o fenómeno que describe; como un mapa es análogo a la ubicación terrestre real que modela. Un modelo simbólico es una representación abstracta; los modelos matemáticos son simbólicos y construidos a partir de relaciones matemáticas que intentan imitar y describir un proceso o un fenómeno. Los modelos matemáticos a su vez se pueden clasificar con base en las circunstancias en las que se desarrollan: por ejemplo, los modelos ricos y pobres en datos (Guerrero, 2019a).

Otra clasificación de los modelos se refiere a la optimización frente a la simulación. Un modelo de optimización determina la solución óptima dada la función objetivo que aborda y las restricciones ingresadas, mientras que un modelo de simulación calcula el resultado de conjuntos predefinidos de variables de entrada (Dijkhuizen et al., 1997c). Incluso los sistemas en los que existe incertidumbre se puede usar un enfoque determinista si esta se reduce a algún valor determinado, como un promedio de varios resultados. Es decir, todas las variables tienen un valor específico y que a los efectos del análisis permanecen constantes. Por tanto los modelos deterministas se pueden utilizar para estudiar la incertidumbre, pero solo mediante el cambio manual de valores a criterio del investigador (Guerrero, 2019a). La eliminación de la incertidumbre resulta en una simplificación excesiva de las condiciones bajo las cuales deben tomarse decisiones en la realidad, en contraste, la simpleza del modelo puede ser compensada por su robustez (Dijkhuizen et al., 1997c). Los modelos estocásticos consideran explícitamente la incertidumbre e incorporan una descripción técnica de cómo pueden cambiar las variables estando la incertidumbre incrustada en la estructura analítica del modelo. A pesar de que son de construcción más compleja, la incorporación de la incertidumbre hace que sean modelos de gran valor (Guerrero, 2019b). Los elementos de incertidumbre se pueden representar directamente mediante ciertas distribuciones de probabilidad o por un muestreo aleatorio. En el último caso son necesarias ejecuciones repetidas del modelo para proporcionar información sobre la variación en el resultado; actualmente esto no

es una dificultad debido al avance y masificación de herramientas informáticas y su alcance actual (Dijkhuizen et al., 1997c).

Una ventaja de los modelos con números aleatorios y múltiples iteraciones es la información disponible sobre la desviación estándar esperada en los resultados, lo que permite pruebas estadísticas y un análisis de riesgo no neutro, una compensación entre el resultado esperado y su variación. Esto requiere un diseño cuidadoso de los ejercicios del modelado (simulaciones) con el fin de obtener estimaciones confiables de los resultados promedio y sus desviaciones estándar. Simplemente eligiendo un gran número de repeticiones, por ejemplo, la diferencia entre dos estrategias siempre puede hacerse significativa, debido al hecho de que el error estándar de la media será más pequeño (Dijkhuizen et al., 1997c). La variable tiempo también determina el tipo de modelo para simular un sistema. Un modelo estático no contiene el tiempo como variable incorporada y, por lo tanto, no puede simular el comportamiento de un sistema en el tiempo, a diferencia de un modelo dinámico que sí lo hace (Dijkhuizen et al., 1997c).

Por último, desde el punto de vista informático los modelos se pueden clasificar según la base de su funcionamiento. Los modelos de primer principio (o axiomas) se basan en la creencia de cómo funciona realmente el sistema que se investiga, lo que puede ser una explicación teórica como una ley física. Por el contrario, los modelos basados en datos se basan en correlaciones observadas entre los parámetros de entrada y las variables de resultado. Los primeros se construyen utilizando conocimientos específicos del dominio teórico para guiar su estructura y diseño. Su desventaja radica en que tienden a ser frágiles en respuesta a condiciones cambiantes y difíciles de aplicar a nuevas tareas. Por otro lado, los modelos basados en datos son generales, dúctiles y permiten construir un modelo efectivo en un campo de conocimiento del que no se sabe nada, siempre que se brinde un set de datos de entrenamiento lo suficientemente bueno, lo que se describe como una ventaja y desventaja al mismo tiempo. Los mejores modelos podrían llegar a construirse a partir de una mezcla de teoría y datos. Es importante comprender sus principios lo más profundamente posible, y al mismo tiempo utilizar los mejores datos para ajustar y evaluarlos (Skiena, 2017).

En la década de los 90, cuando el análisis económico comenzó a ganar aceptación como una ayuda para la toma de decisiones en la ciencia veterinaria, los análisis se hacían a mano. Desde principios del año 2000 las hojas de cálculo han facilitado estas tareas permitiendo incluso hacerlas con nuevos datos de entrada (Morris et al., 1997b). Las hojas de cálculo son una herramienta con la que un principiante podría desarrollar un presupuesto parcial simple, pero además ofrecen al experto un medio para realizar modelos y análisis más complejos (Morris et al., 1997b). El programa Excel® utiliza hojas de cálculo y tiene una amplia gama de funciones internas. Su principal uso es para representar fenómenos que pueden traducirse en relaciones matemáticas y lógicas, es decir, la construcción de modelos simbólicos. Además tiene usos administrativos como almacenar, clasificar, manipular y consultar datos. Aunque existen muchos programas de

modelación y simulación comerciales para distintas aplicaciones, Excel ® es una herramienta versátil y accesible para la creación rápida de prototipos de sistemas (Guerrero, 2019b).

## **2.7 Estudios económicos de enfermedades bovinas, incluyendo la neosporosis, a través de modelación y simulación**

Los modelos de estimación de pérdidas económicas por enfermedades infecciosas y parasitarias son variados y han adquirido complejidad a través de los años. En 1999, Bennet et al. hicieron una estimación de los costos asociados a ciertas enfermedades endémicas en el ganado lechero en Gran Bretaña. Presentaron un análisis de los impactos en la producción de cinco enfermedades en el rodeo lechero en el Reino Unido continental: diarrea viral bovina (BVD), fascioliasis, laminitis, leptospirosis y mastitis. Este estudio económico se basó en uno preliminar (Bennett et al., 1997) que abordaba 30 enfermedades y condiciones endémicas. Su metodología consistió en hacer un presupuesto parcial anual de los costos directos asociados a cada una de estas cinco enfermedades. No se consideraron aspectos como los impactos en la salud humana, el bienestar animal y los mercados de ganado. La pérdida directa por una enfermedad se definió como la suma de tres factores: el costo de la pérdida en la producción esperada o desperdicio de recursos debido a la enfermedad, los costos de tratamiento, los costos de prevención. Este enfoque fue similar al de un estudio anterior realizado por McInerney et al. (1992). En particular, el modelo matemático construido por estos tres factores para la estimación total de cada enfermedad incluyó las variables población de ganado en riesgo, la incidencia anual de la enfermedad, la magnitud de los efectos físicos de la enfermedad, el costo unitario de la producción perdida o el costo unitario del desperdicio de recursos, la proporción de población en riesgo tratada, el costo de tratamiento por animal, la proporción de población con acciones preventivas y el costo de la acción preventiva por animal. Con el modelo como guía, se construyó una hoja de cálculo con las variables y relaciones matemáticas. Además, el recorrido de ciertas variables se estableció con un enfoque determinista siendo los valores de entrada escogidos como constantes o distintos según referencias de la literatura, centros de investigación u organismos gubernamentales. En particular estas últimas - llamadas variables clave- fueron las relativas a la incidencia de una enfermedad y efectos en la producción, y su variabilidad fue determinada a criterio de los investigadores, lo que sirvió como un ejercicio de simulación en las hojas de cálculo al considerar situaciones de estimación alta y baja para cada variable clave, generando así una distribución de los resultados de costos en un período anual.

En 2002, Chi et al. estimaron las pérdidas directas de producción y costos de tratamiento del virus de la diarrea viral bovina, virus de la leucosis bovina, la paratuberculosis bovina (enfermedad por *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis*) y *N. caninum* en las provincias marítimas de Canadá. Las pérdidas directas consideraron la disminución de la producción láctea, el descarte anticipado, reducción del valor al descarte, pérdidas por mortalidad, pérdidas por abortos y pérdidas reproductivas y las pérdidas por tratamiento tomaron en cuenta los servicios veterinarios

adicionales, los costos de medicación y los costos de trabajo extra. Se utilizó un presupuesto parcial basado en la metodología de Bennet et al. (1999), pero además se incorporó un análisis de riesgo y un análisis de sensibilidad para identificar los efectos de la incertidumbre en los resultados de costos. Así, el aspecto más novedoso del estudio fue la naturaleza estocástica de algunas variables incorporadas en el modelo, específicamente de proporción de rodeos infectados y prevalencia de la infección dentro de un rodeo, ambas utilizadas para estimar las distribuciones de costos. Adicionalmente los autores destacaron las ventajas del diseño de un modelo usando estas variables y plasmado en una hoja de cálculo, lo que proporcionó un medio transparente y estandarizado de estimación, además de una evaluación comparativa fácil. En este estudio el diseño de Bennet et al. (1999) se perfeccionó incorporando el aumento de días abiertos producto del aborto u otras pérdidas reproductivas. Este método de pérdidas se ajustó a un ciclo productivo (un año), por lo que, si bien tuvo aspectos estocásticos novedosos, el aspecto temporal del modelo siguió siendo de enfoque estático.

En 2004, Larson et al. describieron ciertas consideraciones económicas para algunas opciones de diagnóstico y control de abortos inducidos por *N. caninum* en rodeos de ganado de carne con infección endémica. Para esto se utilizó un modelo de simulación dinámico y muestras de poblaciones de ganado bovino de carne con distintas seroprevalencias de infección. Las estrategias de control que se evaluaron desde el punto de vista económico incluyeron el descarte de hembras que no parieron, la venta de hembras seropositivas y la compra de reemplazos seronegativos, y la exclusión de las hijas de madres seropositivas como posibles reemplazos. El aspecto más novedoso de este estudio fue que se utilizó un modelo de simulación de rentabilidad del predio con un horizonte de 5 años (es decir, tuvo un enfoque dinámico en el tiempo) que generó un flujo de fondos anual, un balance general y un estado de resultados. El objetivo fue comparar un rodeo sin neosporosis y otros con distintas condiciones de seroprevalencia. Se hicieron suposiciones de manera determinista en los modelos para los rebaños, que incluían algunas variables de desempeño reproductivo y los costos en un escenario de precios altos y bajos para todo el período. La actividad económica para cada escenario se reportó como un retorno a los activos fijos, restando los costos variables de los ingresos para cada año de evaluación.

Bartels et al. (2006) estimaron las pérdidas económicas debido a la infección por *N. caninum* en rodeos lecheros holandeses con y sin antecedentes de epidemias de aborto asociadas al agente. Se utilizó un modelo estático (un ciclo productivo, anual) y de tipo estocástico con elementos aleatorios sujetos a distribuciones de probabilidad tanto para variables poblacionales, productivas y reproductivas basándose en la metodología de estudios anteriores, pero con un modelo ajustado a la realidad holandesa. Además, se efectuó un análisis de sensibilidad con representatividad nacional. En el modelo, para cada iteración, los animales recibieron una serie de características como su paridad y estado fisiológico (preñada o no), producción de leche, intervalo entre partos y estado de infección por *N. caninum*. Dependiendo de este último se incluyó la posibilidad de aborto. Se determinó que el descarte pudo haber ocurrido como consecuencia de un aborto o no



relacionado con el aborto. La distribución de las variables y eventos incluidos en el modelo se establecieron según los datos de la Organización Holandesa de Mejoramiento del Ganado Lechero, de rodeos previamente estudiados, estudios previos y opiniones de expertos. Las pérdidas directas por la enfermedad se establecieron a partir del aborto, descarte anticipado, mayor intervalo entre partos, pérdidas de producción de leche, además se incluyeron las inseminaciones adicionales y costos veterinarios y de diagnóstico. Los valores económicos de los insumos incluidos en los costos se determinaron por datos de las fuentes mencionadas anteriormente. Este estudio incluyó una metodología de simulación estocástica de Montecarlo multiproceso. Para cada iteración se ejecutaron múltiples procesos simultáneos y los resultados de estos se acumularon para determinar las pérdidas económicas a nivel del rodeo. Cada simulación se ejecutó con 5000 iteraciones con 65 procesos simultáneos (simulando 65 animales) y se ordenaron los resultados. El análisis de sensibilidad incluyó un rodeo en el primer año después de una epidemia de abortos ya que en esta situación la mayoría de los efectos del estatus serológico de *N. caninum* estaban presentes, proporcionando un mayor efecto de discriminación en la modificación de los parámetros a la realidad holandesa.

Bartels et al. (2009) realizaron un siguiente estudio, para un período de 11 años (2009-2020), estimando las pérdidas económicas en rodeos holandeses. Además, las condiciones basales de ese entonces se compararon con los efectos de posibles estrategias de control simuladas. Para esto se diseñó un modelo estocástico con tres estados de infección (prevalencias) dentro del rodeo: susceptible (menor a 3%), baja infección (menor a 15%) y alta infección (mayor o igual a 15%). Se consideró entonces al 21% de los rodeos como susceptibles, al 63% con baja prevalencia y al 16% con alta prevalencia. Los costos de la enfermedad consistieron en las pérdidas directas debido a la infección y los costos de las estrategias de control. El modelo de simulación consistió en dos módulos (epidemiológico y económico) con los datos de un rodeo lechero holandés promedio como unidad de interés. Los resultados del módulo epidemiológico se utilizaron como valores de entrada para el módulo económico. Otros datos de entrada se obtuvieron de estudios holandeses anteriores o de la literatura. Cuando no se dispuso de información, se recurrió a la opinión de expertos. El módulo económico calculó los costos de las estrategias de control y las pérdidas debidas a la infección por *N. caninum* en un ciclo anual. Los costos de las medidas incluyeron las pruebas serológicas de los animales comprados o el muestreo de todo el rebaño y la participación en programas de control. Por otro lado, las pérdidas por enfermedad fueron las debidas al descarte prematuro, prolongado intervalo entre partos, mayor edad al primer parto, inseminaciones adicionales, tratamiento y diagnóstico de aborto. Las posibles estrategias de control se centraron en la reducción de contactos entre perros y ganado, pruebas serológicas a los animales comprados, pruebas anuales de leche a gran escala o una combinación de las anteriores. De esta manera, fueron siete los escenarios simulados usando las variaciones en los distintos módulos. El modelo fue construido en el *software* @Risk® (Palisade, EE. UU.) y debido a la variación o la incertidumbre sobre los parámetros de entrada, se utilizaron distribuciones de probabilidad. Se realizaron miles de iteraciones para tener una indicación suficiente de la variación en los resultados.

Häsler et al. (2006a) estimaron las pérdidas directas debidas a *N. caninum* en el ganado lechero suizo y al igual que estudios anteriores evaluaron los costos y beneficios de diferentes estrategias de control potenciales. Se desarrolló un módulo de hoja de cálculo con metodología de simulación de Montecarlo para estimar los costos directos causados por *N. caninum*, con y sin estrategias de control, y para estimar los costos de estas estrategias de control en un análisis financiero. Las estrategias de control planteadas fueron: testeo y descarte de hembras seropositivas, interrupción de la cría de vacas seropositivas, medicación de las crías hembras y vacunación de todas las hembras. Cada parámetro del módulo incierto se describió mediante distribuciones de probabilidad. Las simulaciones se realizaron con 20.000 iteraciones para un período de 25 años. El modelo usado en dicho trabajo combinó distintos enfoques. En primer lugar, la dinámica epidemiológica de la enfermedad se simuló mediante un módulo determinista dinámico con animales susceptibles e infectados en 12 categorías etarias para 25 años. Este módulo epidemiológico se desarrolló en un estudio anterior que pretendía evaluar el impacto de las estrategias de control mencionadas (Häsler et al., 2006b). En segundo lugar, usando los resultados del módulo epidemiológico como valores de entrada, se desarrolló un módulo económico en dos pasos. Primero con una hoja de cálculo con entradas estocásticas utilizando el *software* @Risk ® para evaluar las pérdidas causadas por *N. caninum* sin estrategias de control, y considerando los costos directos de la enfermedad con base en la metodología de Bennett et al., 1999. Luego, se estimaron los costos de implementar las estrategias de control seleccionadas. En este paso también cada parámetro del módulo que se consideró incierto se describió mediante una distribución de probabilidad. Además, se realizó un análisis de sensibilidad para evaluar el impacto de la incertidumbre de parámetros particulares con respecto al resultado. Uno de los aspectos más novedosos del estudio fue que se compararon los costos de cada programa de control y las pérdidas evitables mediante un análisis financiero que incluyó el cálculo de la relación beneficio-costos y el valor actual neto de cada estrategia.

En 2006, Reichel et al. diseñaron un novedoso modelo de árbol de decisiones para distintas estrategias de control de la neosporosis en Australia y Nueva Zelanda, y de carácter dinámico para un horizonte de cinco años. El árbol se construyó utilizando el *software* TreeAge ProSuite ® y con valores seleccionados con un enfoque determinista a partir de datos publicados previamente. El objetivo fue comparar cuatro estrategias de control diferentes según sus costos: testeo y descarte, medicación, vacunación, y no hacer nada. Además, para cada estrategia se calculó la relación beneficio-costos. Los supuestos en el árbol de decisiones incluían variables como el número de vacas, prevalencia de infección y abortos, costos y pérdidas por *N. caninum*, costos veterinarios, costos de diagnóstico, y costos totales de cada posible estrategia de control.

La pérdida por un aborto se definió como el costo de reemplazo de una vaquillona preñada, menos la ganancia por descarte y faena de la hembra abortada. Los costos de los servicios veterinarios, testeo, tratamiento con medicación y vacunación fueron determinados por literatura anterior u opiniones de expertos. Se realizó un análisis de sensibilidad para los costos resultantes de cada

opción de control, simulando escenarios individuales variando las prevalencias del agente, abortos y tamaño de los rebaños. Los costos totales resultantes también se calcularon para un período de un año, así como en cinco años.

En 2013, Moore et al. estimaron las pérdidas económicas debido a los abortos por neosporosis en la región pampa húmeda de Argentina para ganado lechero y de producción cárnica para el año 2010. El modelo matemático y retrospectivo para la estimación de pérdidas se basó en el trabajo realizado por Reichel et al. (2006), que consideraba variables de riesgo de aborto, seroprevalencia de neosporosis y costos, aunque en este caso el análisis incluyó solamente las estimaciones para un período, utilizando un enfoque estático de estimación basado en el año 2010. Las pérdidas incluyeron el aborto, el tratamiento hormonal para la sincronización del celo, la inseminación artificial y asistencia profesional, el diagnóstico de laboratorio, el rendimiento de leche reducido asociado al aborto, el reemplazo de la vaca descartada que abortó por una vaquillona preñada y la ganancia por la venta de la vaca descartada tanto para sistemas lácteos como cárnicos. Para estimar un rango de pérdidas, se simularon dos situaciones: primero, la vaca abortada no se vendió, y no se compró la vaquillona de reemplazo, y segundo se compró la vaquillona de reemplazo, con ganancias al vender la vaca abortada. Los valores de las variables fueron establecidos de manera determinística y con base en opiniones de expertos, organismos gubernamentales o estudios previos, mientras que los precios de mercado se basaron en los resultados publicados en periódicos nacionales durante 2010.

También en 2013, Reichel et al. estimaron el impacto económico a nivel mundial de *N. caninum* en el ganado. Para esto realizaron una revisión sistemática de las publicaciones con información relevante como seroprevalencia y riesgo de aborto. El número de abortos atribuibles a neosporosis en cada país que calificó para una evaluación económica adicional se realizó basado en el modelo matemático usado para construir un árbol de decisiones establecido anteriormente por Reichel y Ellis (2006) y Moore et al. (2013). Los países que calificaron para la evaluación económica debían tener disponibles al menos cinco publicaciones revisadas por pares con datos económicamente relevantes. El modelo incluyó variables como número de vacas en riesgo, riesgo de aborto esperado, riesgo de aborto por *N. caninum* y su seroprevalencia. Por otro lado, los costos de aborto se definieron para ganado lechero como el costo de reemplazar la vaca que abortó con una hembra idéntica y preñada en una etapa similar de lactancia. En el ganado de carne, este costo constituyó el de un ternero de reemplazo. Los valores para las variables se establecieron con un enfoque determinístico con prioridad en los datos locales para cada país, y el tiempo no fue un factor incorporado en este modelo estático, dado que las pérdidas de cada país se estimaron para un solo período como pérdidas anuales. Los resultados se convirtieron a dólares estadounidenses al tipo de cambio vigente a principios de mayo de 2012.

Hasta el momento el modelo más complejo ha sido el desarrollado por Liu et al. (2020). Estos autores hicieron una evaluación económica de la implementación de estrategias de control

combinadas, en la dinámica epidemiológica y poblacional integrada de un rodeo lechero con neosporosis. En este estudio se evaluaron cuatro potenciales estrategias de control y algunas combinaciones. El trabajo de modelación y simulación tuvo características dinámicas ya que incluyó el tiempo como un factor en distintas variables y una tasa de descuento en la proyección de costos. Además, el modelo incorporó la incertidumbre usando distribuciones de probabilidad con la metodología de Montecarlo en variables poblacionales, epidemiológicas, reproductivas y económicas. La característica más novedosa de este estudio fue que consideró la dinámica poblacional del ganado lechero, las pérdidas económicas y los costos del control simultáneamente.

Para describir el proceso de transmisión de *N. caninum* se utilizó un modelo de población estructurado por categorías etarias discretas en cinco grupos y se evaluaron cuatro estrategias: testeo y descarte, medicación, vacunación y reproducción selectiva, tomando en cuenta los resultados de las estrategias en la reducción de la prevalencia junto con la disminución de las pérdidas económicas. Además, se analizaron diferentes estrategias combinadas para determinar el método eficiente con respecto a distintos tamaños de rodeo. El modelo epidemiológico del rodeo y transmisión de la neosporosis incluyó variables dependientes de la edad, preñez y nacimientos. De esta manera se representó el cambio de distribución de la población y categorías etarias a partir de los cambios en la transmisión y el descarte de animales enfermos o envejecidos en un rebaño con la enfermedad. Sin embargo, estas categorías etarias en población de ganado se mantuvieron equilibradas durante el período determinado y el modelo se rigió bajo el supuesto de que todos los animales presentes eran hembras. Así se describió una población en un equilibrio dinámico bajo algunos principios de infección generales a la neosporosis para los cinco grupos de edad, usando variables poblacionales dependientes del tiempo como el número de animales susceptibles según categoría etaria, animales infectados en cada categoría, número de crías descendientes, vaquillonas y vacas susceptibles, y también el número de crías descendientes, vaquillonas y vacas infectadas. Además, el modelo incluyó variables relativas al tamaño de la población y su distribución, como el número total de animales en el rodeo, la distribución inicial de la población susceptible e infectada, y la tasa de eliminación de los infectados según categorías etarias. También se incluyeron variables de desempeño reproductivo como la tasa de preñez según categoría etaria, tasa de aborto de animales susceptibles y animales infectados.

Por último, se incorporaron variables relativas a la transmisión del agente como la tasa de infección vertical y el factor de infección desconocido proveniente de la fauna silvestre. Sobre la base del modelo de población bovina y la transmisión de *N. caninum*, se evaluaron las estrategias de control desde el punto de vista económico. Para cada método, los costos directos surgieron de las acciones de manejo (muestreo, laboratorio, reemplazo de animales sanos, medicación y vacunación) y las pérdidas que resultan de abortos de vacas, reducción de la producción de leche y servicios veterinarios, además de una tasa de descuento anual. Las simulaciones numéricas se desarrollaron usando el *software* MATLAB® y analizando los factores que impulsaron los cambios en la prevalencia y las pérdidas económicas. Para establecer la incertidumbre de los parámetros de

entrada, se asignó una distribución de probabilidad a cada parámetro de acuerdo con estudios previos, se usó además la metodología de Montecarlo para las simulaciones, obteniendo la media y rango de los resultados realizando 1000 iteraciones.

En los estudios anteriormente descritos se han realizado estimaciones económicas con diversas metodologías. Sin embargo, tienen en común que todos han sido modelos diseñados para ejercicios de simulación de una o varias enfermedades en el ganado bovino y la estimación de las pérdidas producidas. Respecto de los estudios de modelación para la optimización del manejo de un rodeo, el más destacado es el de DeVries (2006). Este trabajo tuvo un propósito más amplio, al intentar estimar el costo de una preñez, y por lo tanto, las pérdidas por un aborto no asociado a un determinado agente o enfermedad particular.

El objetivo del mismo fue estimar el valor de la preñez en vacas lecheras. Se estudiaron los efectos de la etapa de gestación, etapa de lactancia, número de lactancia, producción de leche, precio de la leche, costo de la vaquillona de reemplazo, probabilidad de gestación, probabilidad de sacrificio involuntario y decisiones de reproducción. Se utilizó un modelo bio-económico y se optimizaron las decisiones para ciertos manejos. Se modeló y simuló un rodeo típico de vacas Holstein en Estados Unidos. La construcción del modelo se basó en lo descrito anteriormente por DeVries (2004), con algunas modificaciones. En general, el objetivo de este modelo de optimización fue maximizar la ganancia por año en las vacas en el presente y las vaquillonas de reemplazo futuras, a través de la toma de decisiones óptimas para la reproducción y reemplazo en el rodeo. El modelo estuvo compuesto por tres módulos: un módulo bio-económico para ingresar y estimar datos de desempeño y precios de las vacas; un módulo de optimización basado en metodología de programación dinámica para determinar las decisiones óptimas de reproducción y reemplazo de vacas individuales; y por último un módulo de rendimiento total basado en cadenas de Markov para calcular los resultados resumidos en subgrupos de vacas o en todo el rodeo. El modelo utilizó períodos de tiempo mensuales con un enfoque dinámico en su temporalidad. El modelo basal de DeVries (2004) fue similar a modelos anteriores desarrollados por DeLorenzo et al. (1992) y Dekkers et al. (1998). Los aspectos más novedosos del modelo fueron que se excluyó la estacionalidad en el rendimiento y precios de las vacas y se incluyó la probabilidad de aborto por mes de gestación. Además, si una vaca abortaba, se asumió su continuación en el rodeo como una vaca no gestante idéntica en la misma etapa de lactancia. Finalmente, se realizaron análisis de sensibilidad para evaluar los efectos de los cambios en los valores de entrada sobre el valor de la preñez. Las variables producción diaria de leche, precio de la leche, el costo de la vaquillona de reemplazo y la probabilidad de descarte involuntario se multiplicaron por 1,2 o 0,8 obteniendo cambios del 20% en los valores de entrada y evaluando sus resultados.

### 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La cadena lechera en Uruguay es de importancia sociocultural y económica, estando el país entre los principales consumidores de lácteos per cápita de Latinoamérica (FAO-FEPALE-2011). Si bien la producción lechera ha crecido linealmente (Fariña y Chilibróste, 2019), la cantidad de ganado lechero no ha aumentado significativamente en la última década (MGAP DIEA, 2022), posiblemente por una combinación de factores que incluyen una baja eficiencia reproductiva, una alta tasa de mortalidad de terneros (Schild et al., 2020), y una alta tasa de descarte. Respecto de los abortos se sospecha en Uruguay una tasa de aborto general de hasta el 15% (Gustavo Gastal, INIA La Estanzuela, comunicación personal 2020). Considerando que la cantidad de vacas en el rodeo lechero ese año fue 432.000 (MGAP DIEA 2019), la tasa anual de abortos implicaría la interrupción de hasta 64.800 gestaciones, lo que presupone una importante pérdida económico-productiva, que aún no ha sido dimensionada.

Entre los estudios que establecen las causas de abortos bovinos en Uruguay se encuentra el de Easton et al. (2006) y el de Macías-Rioseco et al. (2020), y en ambos la neosporosis es una de las principales causas identificada, algo que no es llamativo, considerando que *N. caninum* es uno de los principales abortifacientes en bovinos a nivel mundial (Dubey et al., 2017). El primer estudio que mostró evidencia de la neosporosis en Uruguay determinó una seroprevalencia de 20% en perros (Barber et al., 1997). Luego el primer reporte de aborto bovino atribuido a *N. caninum* fue realizado por Cobo et al. (1999). Posteriormente en el año 2000 se llevó a cabo un estudio seroepidemiológico que resultó en una prevalencia de 61,3% en un tambo (Kashiwazaki et al., 2004). En el año 2003 se estimó una seroprevalencia nacional de 22,0±5,2% a nivel individual y 92,0% a nivel predial en ganado lechero (Piaggio, 2006). Finalmente en el año 2015 volvió a estimarse la seroprevalencia nacional, siendo de 22,3±1,8% a nivel individual, y de 96,0±1,9% a nivel predial (Macchi, 2019). Estos antecedentes indican que la prevalencia y difusión de la neosporosis se han mantenido altos en las últimas décadas. El principal signo de la infección por *N. caninum* en bovinos es el aborto (Dubey et al., 2017). En el ganado lechero, los abortos causan una reducción de la producción láctea vitalicia debido a la interferencia en la duración de los períodos de lactancia y secado, además de otras complicaciones secundarias (Asmare et al., 2013; McAllister, 2016).

La estimación de pérdidas económico-productivas en esta enfermedad se ha realizado a partir de los abortos, habiéndose calculado pérdidas anuales del orden de los miles de millones de dólares a nivel global y de decenas a centenas de millones de dólares para países Sudamericanos como Argentina y Brasil (Reichel et al., 2013; Moore et al., 2013). Para las estimaciones se han diseñado y utilizado modelos bio-económicos, que son útiles para la toma de decisiones productivas y sanitarias sobre las enfermedades (Rashid et al., 2019). Para la neosporosis se han diseñado modelos que simulan la dinámica epidemiológica (Reichel et al., 2006; Häsler et al., 2006a), pérdidas económicas (Reichel et al., 2006; Häsler et al., 2006a; Moore et al., 2013), el efecto de estrategias de control (Häsler et al., 2006b), los costos asociados a la implementación de estrategias

de control (Larson 2004; Hall et al., 2005; Häsler et al., 200b), y un análisis beneficio-costos de estrategias individuales (Häsler et al., 2006b) y combinadas (Liu et al., 2020). Las pérdidas económicas y productivas por los abortos por neosporosis no han sido estimadas para Uruguay.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 General**

Estimar las pérdidas económicas directas para el sector lechero primario debido a abortos por neosporosis ocurridos en el año 2018 en Uruguay.

### **4.2 Específicos**

Estimar las pérdidas económicas y productivas individuales que produce un aborto por neosporosis en escenarios con aborto en el segundo tercio (aborto temprano) y tercer tercio de gestación (aborto tardío), con y sin descarte de la hembra que aborta.

Determinar las diferencias entre escenarios individuales de animales con aborto y sin aborto para variables temporales (edad de las hembras en las distintas etapas productivas) y reproductivas (edad a la concepción y el intervalo parto-concepción).

Estimar las pérdidas económicas y productivas nacionales para el sector primario según la distribución de escenarios de aborto y descarte por neosporosis.

Proveer elementos que permitan identificar si en términos económicos es conveniente o no descartar las hembras que abortan por neosporosis en distintos escenarios (abortos tempranos y tardíos en distintas preñeces).



## 5 ESTRATEGIA DE LA INVESTIGACIÓN

Para cumplir los objetivos se utilizó un modelo bioeconómico de tipo determinístico, dinámico e individual, que simula la vida de un bovino lechero desde el nacimiento al descarte en términos biológicos y económicos. El modelo fue diseñado originalmente para estimar pérdidas económicas por mortalidad de terneras en crianza a nivel nacional mediante un trabajo colaborativo entre INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria), INALE (Instituto Nacional de la Leche), MU (Mejoramiento y Control Lechero Uruguayo) y UNICEN (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires) en el año 2018.

Este modelo fue aplicado por Caffarena (2021) para estimar pérdidas económicas por mortalidad de terneras lecheras en crianza a nivel nacional en Uruguay. A partir de esta primera aplicación del modelo, en esta tesis se realizó un ajuste para las etapas productivas, eventos sanitarios y reproductivos en condiciones de aborto. En nuestro caso el modelo bioeconómico se basó en las mismas etapas del ciclo productivo propuestas en el trabajo de Caffarena (2021), de igual manera, en cada etapa se determinaron diferencias en la dieta, mano de obra, recursos forrajeros, manejo sanitario, ganancia de peso y producción láctea (según etapas de lactancia). En contraste con el modelo de mortalidad de terneras, en este trabajo no se consideró la mortalidad entre el nacimiento y desleche descrita por Schild et al. (2020), sino que se asumieron pérdidas gestacionales en los distintos escenarios de aborto descritos. A los efectos comparativos el escenario base no tuvo abortos.

Los escenarios de aborto fueron ajustados para estimar pérdidas económicas por abortos en el segundo y tercer trimestre de gestación, que es cuando principalmente ocurren los abortos por neosporosis. Las pérdidas individuales se estimaron considerando el valor actualizado de la producción futura que se deja de obtener por el aborto menos los costos de producción que se evitan (valor actual, VA), por lo que el impacto económico del aborto se estimó como el diferencial del VA entre una hembra que no aborta y las que abortan en distintos escenarios. Además de los escenarios de aborto simulados, se establecieron supuestos que determinaban si la hembra que abortó se mantenía en el rodeo hasta el final de su vida productiva o era descartada inmediatamente. Las pérdidas productivas fueron estimadas en términos del diferencial de litros de leche y crías a obtener en cada situación. La cantidad anual de abortos por neosporosis se estimó con base en la seroprevalencia nacional de *N. caninum* en rodeos lecheros y las existencias de vacas y vaquillonas en edad reproductiva en riesgo de aborto. Las pérdidas económicas para el rodeo nacional se estimaron al multiplicar las pérdidas individuales según la cantidad y distribución de escenarios de aborto por neosporosis. Finalmente, se estimaron las pérdidas económicas a nivel de rodeo considerando una tasa de aborto general independientemente de su causa o agente involucrado.

## 6 MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Descripción general del modelo bioeconómico

El modelo arriba mencionado fue instrumentado en planilla Excel® y calibrado en base a los datos de la vaca promedio de Mejoramiento y Control Lechero Uruguayo (MU) e información del sistema lechero nacional suministrada por INALE. La representación individual de la vida útil de una hembra bovina se hizo a partir de los datos de entrada del modelo (duración de las etapas productivas, reproductivos, productivos y otros), lo que determinó resultados productivos y económicos como la producción láctea vitalicia, valor actual, tasa interna de retorno y número de crías (datos de salida). La propuesta metodológica en el diseño del modelo se basa en que el impacto económico de los abortos radica en una merma productiva esperada a futuro (lucro cesante).

En este trabajo, uno de los objetivos fue estimar la situación promedio de los establecimientos uruguayos a partir de un modelo individual base y comparar las diferencias en resultados productivos y económicos con respecto a distintos escenarios de aborto que simulaban los efectos de la neosporosis. En primer lugar, la modelización de la situación promedio (escenario base) se realizó mediante un análisis basado en los costos detallados de cada una de las etapas productivas de la vida útil de una hembra a través de un proceso de recopilación y análisis de datos. Los datos de entrada se obtuvieron a partir de la información aportada por INALE (2014), Mejoramiento y Control Lechero Uruguayo (MU), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MGAP), fuentes bibliográficas derivadas de artículos científicos, libros y páginas de internet, así como también con la colaboración de un grupo de expertos en sistemas de producción lechera y economía. Se tuvieron en cuenta datos para variables productivas, reproductivas y económicas como el tipo de sistema de crianza utilizado, el tipo de dieta, duración de cada etapa, eventos sanitarios, el costo de la mano de obra, la depreciación del equipo y la infraestructura y el manejo reproductivo.

El modelo bioeconómico se basó en las siguientes etapas del ciclo productivo: Crianza, Recría 1, Recría 2, Recría 3, Lactancia 1, Vaca seca 1, Lactancia “n”, Vaca Seca “n”, cuyos límites se determinaron por los siguientes eventos: nacimiento (inicio de la etapa de Crianza), desleche (inicio de la etapa de Recría 1), pubertad (inicio de la etapa de Recría 2), preñez (inicio de la etapa de Recría 3), Parto 1 a “n” (inicio de la etapa de Lactancia 1 a “n”), y secado (inicio de la etapa de Vaca Seca 1 a “n”). En cada etapa se determinaron diferencias en la dieta, mano de obra, recursos forrajeros, manejo sanitario, ganancia de peso y producción láctea, según etapas de lactancia. Se asumió una duración de la gestación de 283 días (Norman et al., 2009, citado de Caffarena 2021). La edad a la concepción se estimó como la diferencia entre la duración de la gestación y la edad promedio al primer parto (Fernando Sotelo 2019, MU, comunicación personal, citado de Caffarena 2021). El costo de oportunidad de vender un ternero se calculó sobre la probabilidad de tener un 50% de terneras hembras y también se asumió que las crías nacidas fueron vendidas

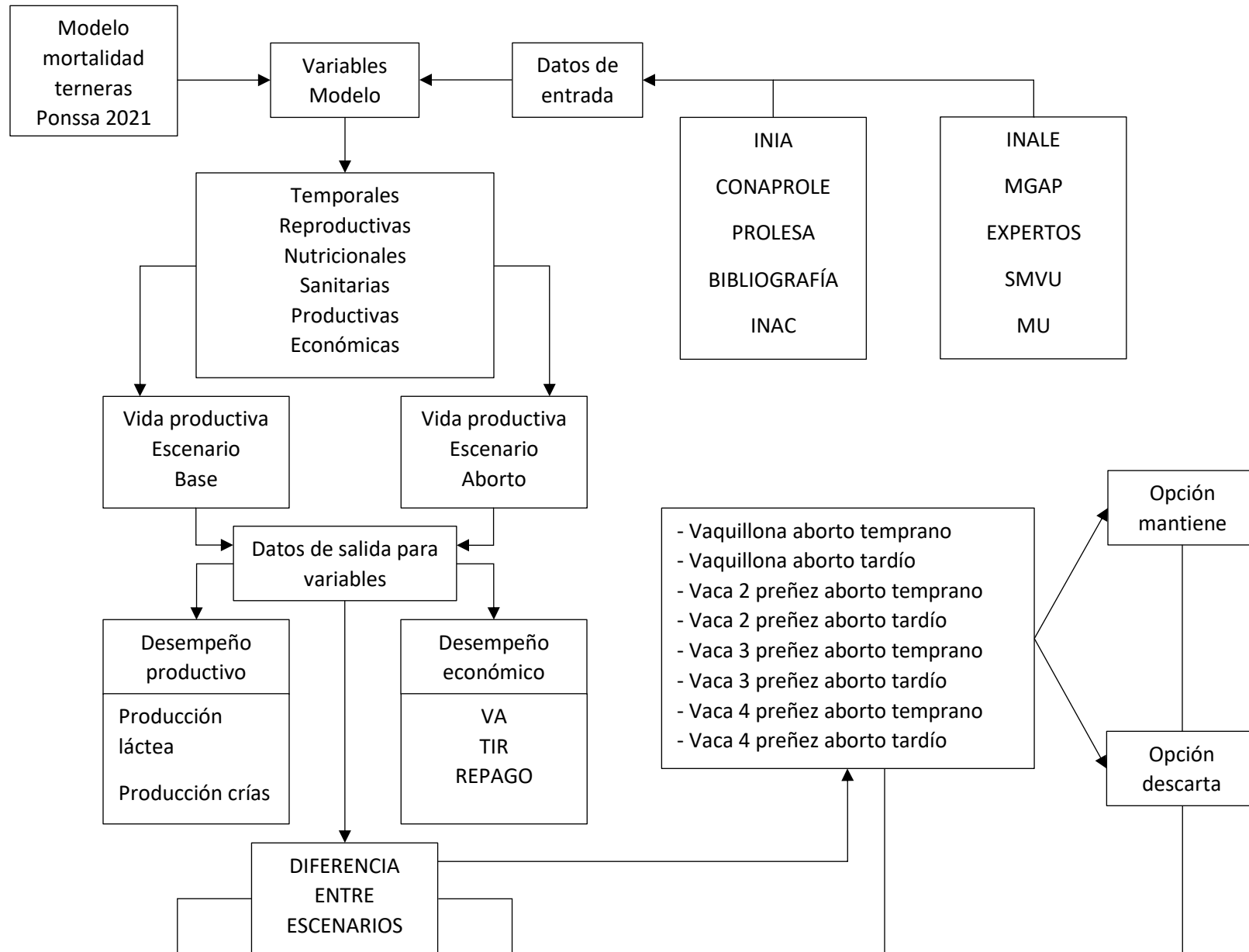
tempranamente luego del parto, por lo que se computó un valor promedio de la venta del macho y la hembra. Se asumió que hubo ganancia de peso desde el nacimiento hasta la etapa de Vaca Seca 1, y a partir de ahí el peso se estabilizó. Los ingresos por la producción de leche se estimaron con base en el rendimiento por lactancia (Boulton et al., 2017, citado de Caffarena, 2021) multiplicado por el precio de la leche que la industria le paga al productor en el mercado (US\$/L). La unidad básica de tiempo utilizada en el modelo fue el mes (30 días). No se consideraron en el análisis las variables tributarias ni el costo de oportunidad (más allá del que se tendrá en cuenta como tasa de descuento para actualizar los valores futuros) para el capital monetario ni la tierra.

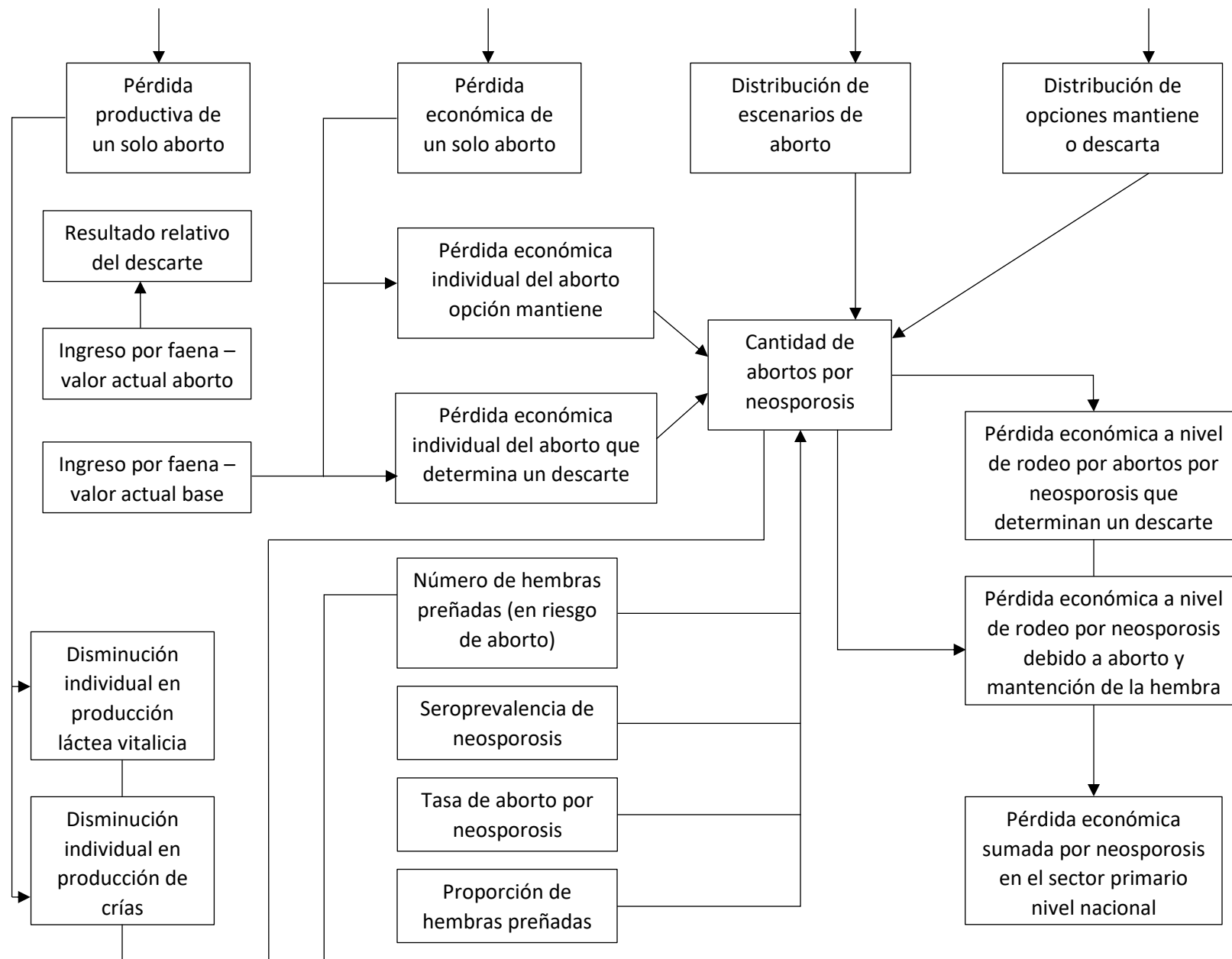
Las estimaciones de pérdidas económicas de esta tesis corresponden a pérdidas directas y se determinaron mediante el diferencial de valores actualizados entre el escenario base y de aborto. Individualmente los valores actuales se ven afectados por la ocurrencia del aborto y la disminución de la producción láctea, también se afectan por el retraso en las etapas productivas en cuanto ocurre un aumento del intervalo entre partos en el caso de los escenarios de vaca de segunda preñez en adelante y un aumento de la edad al primer parto en los escenarios de vaquillonas, al aplicarse la tasa de descuento. A nivel de rodeo nacional, también se ha determinado una proporción de hembras que se descarta anticipadamente, por lo que se consideró este efecto en las pérdidas económicas. No se consideraron los efectos indirectos de inseminaciones adicionales, servicios veterinarios, labores extra y costos de diagnóstico de la neosporosis, ni para el sector secundario o terciario.

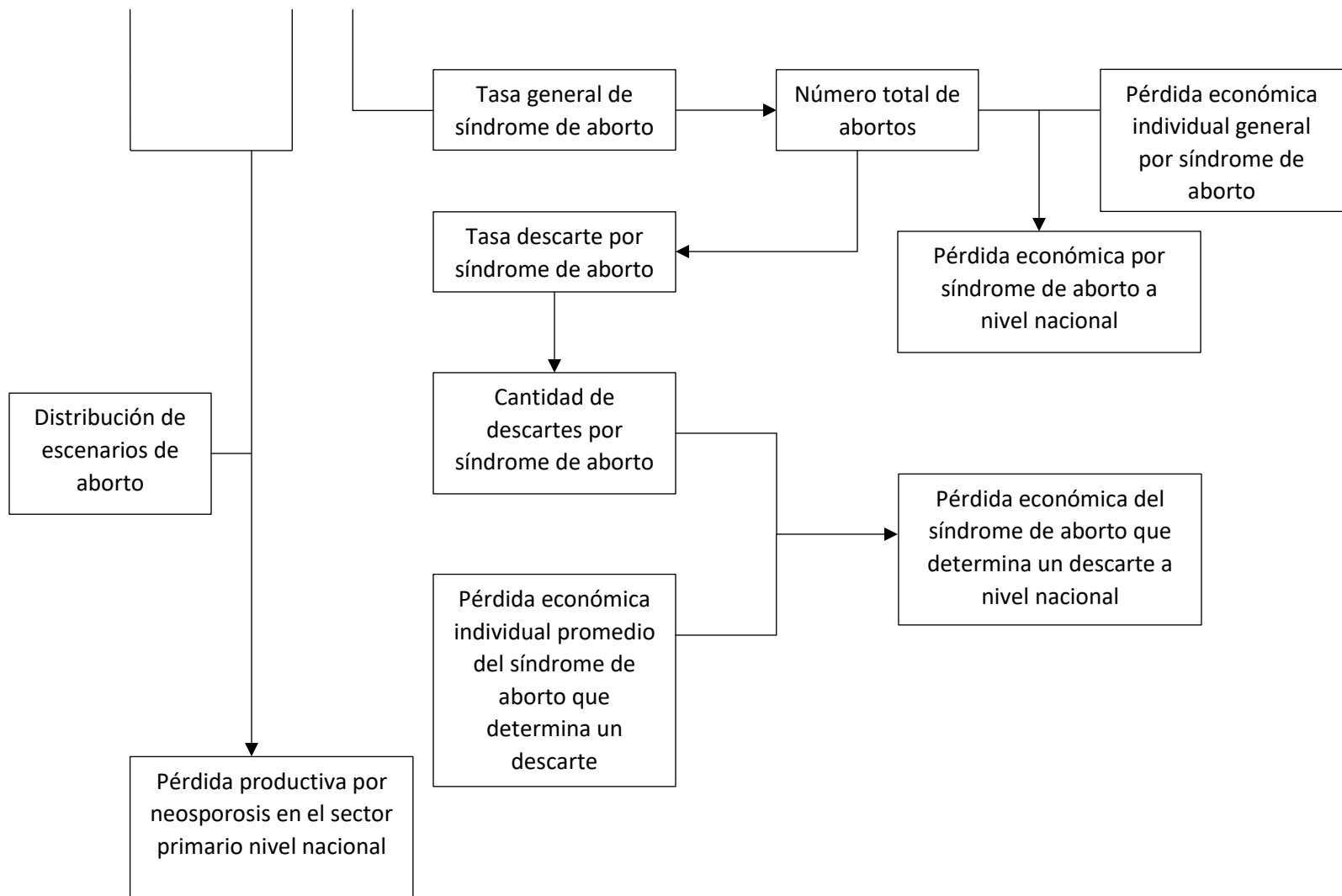
#### 6.1.1 Diagrama de descripción general del modelo bioeconómico

El diagrama a continuación (Figura 1) representa una visión sistémica de la organización y relación entre las variables usadas en el modelo bioeconómico individual, que se articula con la representación de la dinámica epidemiológica de la neosporosis a nivel de rodeo.

Figura 1. Diagrama del modelo bioeconómico.







La figura representa la estructura jerárquica de las variables y su tributo a la generación de nueva información. VA: valor actualizado, TIR: Tasa interna de retorno.

## 6.2 Definición de variables

En esta sección se definen algunas variables y conceptos, lo que facilitará la interpretación y comprensión de los resultados para cada escenario simulado.

El saldo acumulado total contempla tanto ingresos como costos, inversiones y montos recuperados al fin de la vida útil. A su vez, el saldo acumulado al final de cada etapa representa lo mismo, pero hasta ese momento. El saldo acumulado permite determinar el momento en el cual se cubren los costos incurridos (período de repago o recupero de los egresos). El repago ocurre en distintos momentos según el escenario modelado. Este se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Mes}_n + \text{SA}_n / (\text{SA}_n - \text{SA}_{n-1})$$

Donde “Mes<sub>n</sub>” es el mes en el cual el Saldo Acumulado se hace positivo por primera vez, “SA<sub>n</sub>” es el Saldo acumulado del mes n y “SA<sub>n-1</sub>” es el Saldo acumulado del mes anterior.

El valor actual (VA) es la sumatoria de los ingresos y egresos futuros del animal actualizados al momento en el que se encuentra. Indica, por lo tanto, “cuánto vale” cada animal durante cada mes de su vida útil, y es lo que permite estimar cuánto se dejaría de ganar si la hembra muriera en cada una de las etapas de su vida. La variable valor promedio de los VA representa en una medida única todos los VA de las distintas etapas para una misma hembra.

El VA corresponde a la siguiente expresión:

$$VA = \sum_{\text{vida útil}}^{n=1} \frac{Sf_n}{(1+i)^n}$$

Siendo “n” cada uno de los meses remanentes de vida útil del animal, “Sf<sub>n</sub>” cada uno de los saldos (ingresos – egresos) del mes “n”, e “i” la tasa de interés asignada como tasa de descuento para cada período. Se asumió que la tasa anual de descuento corresponde a un costo de oportunidad del capital (a los efectos de valorizar el efecto tiempo) estimado en 5%, lo cual significa una tasa de 0,4167% mensual (Caffarena, 2021). Es decir que  $i = 0,004167$ . El valor actual de un flujo futuro representa cuánto dinero habría que invertir en el momento actual a la tasa de interés “i” para obtener ese flujo a lo largo del tiempo futuro.

El VA es un parámetro importante en este trabajo, ya que la diferencia del VA entre el escenario base y cada escenario de aborto representa el impacto económico del aborto en un sentido amplio. El impacto económico del aborto se determinó calculando el valor actual de la producción futura que se deja de obtener, menos los costos directos que se evitan por este evento. En este trabajo se aplicó un enfoque marginal a partir de la estimación de la diferencia entre el VA de una hembra

en el caso de no ocurrir aborto (escenario base) y el VA en un escenario de aborto. Debido a que el modelo es dinámico, esta diferencia de VA es más representativa en el momento donde ocurre el aborto, por lo que se determinó en ese momento y a su vez ese momento fue diferente según cada escenario simulado en este trabajo.

Es decir que el impacto económico del aborto (IA) se calculó como:  $IA = VA \text{ con aborto} - VA \text{ sin aborto}$ .

La tasa interna de retorno (TIR) es una medida de rentabilidad de un proyecto de inversión que expresa la tasa de interés a la cual el valor actual de los beneficios futuros iguala al valor actual de los costos. Es decir, la tasa de interés que tendría que aplicarse al flujo de fondos del proyecto para que su VAN (valor actual neto) sea cero (Huirne et al., 1997). Debido a que se expresa como una proporción resulta útil en esta tesis para reafirmar los resultados obtenidos a partir de las mediciones y comparaciones de los valores actuales de cada escenario y confirmar la menor rentabilidad a nivel global debido al aborto y sus consecuencias. En nuestro caso se calculó como la tasa de interés que deja en cero el Valor Actual del flujo futuro total (al nacimiento del animal) menos una inversión inicial correspondiente al valor propuesto por una ternera hembra recién nacida (100 U\$S).

Los egresos comprenden tanto gastos como inversiones. Los gastos están compuestos a su vez por la alimentación, sanidad, mano de obra y reproducción. La inversión corresponde al monto que se debe invertir en instalaciones y equipos de ser necesario. Para estos se tiene en cuenta la vida útil estimada de cada bien y se considera que se efectúan al inicio de la etapa en la que son necesarias. Además, se asume que las requeridas para la Recría 1 también son utilizadas en la Recría 2 y 3, por lo que no sería necesario tener que efectuar nuevas. Estas inversiones, para todos los escenarios, fueron de US\$ 1,42, 5,38 y 876,92 para las etapas Crianza, Recría 1 y Lactancia 1, respectivamente (ver tablas 5, 6 y 9 en ANEXO N° 1 que muestran los detalles de las inversiones).

Los ingresos, dependiendo de cada etapa, podrían llegar a incluir la producción láctea, el valor de venta del ternero (61 US\$ por cría, que es el promedio entre precio del macho y de la hembra), la venta de la vaca por descarte y el recupero parcial de las inversiones cuando dejan de ser usadas por los animales en las distintas etapas. Esto se detalla más adelante para cada simulación descrita. El recupero de las inversiones corresponde al valor residual de las instalaciones al finalizar la vida útil de la vaca. Es decir que para cada animal se asigna un valor de instalaciones y equipos correspondiente a la diferencia entre su valor a nuevo al momento de ser necesaria tal inversión y su valor residual (o recupero) al finalizar la vida productiva del animal.

La pérdida económica del descarte por aborto en neosporosis a nivel individual se determinó como el VA que se resigna menos el ingreso (recupero) por venta del animal. Es decir, a partir del valor



actual (VA) de una hembra que abortó según cada escenario menos las ganancias por venta para faena.

### 6.2.1 Datos de entrada

El modelo permite almacenar diferentes series de precios (históricos, actuales, proyectados) y seleccionar cuál de ellos aplicar. En esta tesis los valores de entrada genéricos (precios, instalaciones, equipos e inversiones) son los mismos para el escenario base y los escenarios de aborto. Por lo tanto, las diferencias entre el escenario base y los simulados surgen a partir del evento de aborto simulado y todas las interrupciones que genera en la vida útil, las cuales se expresan en el momento de inicio, término y duración de cada una de las etapas establecidas en la vida (variables temporales), momento de inicio, término y duración de las etapas reproductivas de preñez y días abiertos (variables reproductivas). Para la realización de esta tesis se asignaron los precios actuales o históricos. Los datos de entrada genéricos para el escenario base y de abortos, los datos de entrada por etapas productivas (que incluyen, por ejemplo, los datos referidos al manejo de la alimentación en cada período de vida del animal) para el escenario base se detallan en el ANEXO N°1.

#### 6.2.1.1 *Datos de entrada reproductivos de escenario base*

En el escenario base la gestación tuvo una duración de 283 días. Los valores de las variables reproductivas se basaron en los datos de la vaca promedio del MU (Caffarena, 2021). La edad a la primera preñez fue de 724 días (24,1 meses) y la edad al primer parto fue de 1006 días (33,5 meses). Los intervalos parto concepción (días abiertos) fueron 175 días para el primero, 168 para el segundo, 166 para el tercero y 180 para el cuarto hasta que ocurrió el descarte. Con estos valores, los intervalos entre partos en relación con las lactancias tuvieron valores de 458 para la primera, 451 para la segunda, 449 para la tercera y 180 para la cuarta, en esta última el valor de 180 consideró desde el momento del cuarto parto hasta el día de descarte (2544 día de vida).

#### 6.2.1.2 *Datos de entrada por etapas productivas en distintos escenarios de aborto*

Los datos de entrada genéricos para los escenarios de aborto fueron los mismos que en el escenario base para las etapas de Crianza, Recría 1 y Recría 2, ya que las diferencias en cuanto al aborto solo se pueden observar desde la Recría 3.

En cuanto a la Recría 3 y etapas posteriores, los escenarios de aborto tuvieron variaciones solo en la duración de algunas etapas según cada escenario, debido a las interrupciones generadas por el aborto. En cuanto a los egresos producidos por gastos (alimentación, mano de obra, otros) e inversiones, los valores de entrada determinados fueron los mismos del escenario base por cada etapa, la aplicación de esta serie de supuestos se basó en el principio de parsimonia y con el

objetivo de hacer una aproximación más precisa orientada únicamente del efecto del aborto en las variables de resultados económicos.

### *6.2.1.3 Datos de entrada reproductivos en escenarios de aborto*

En esta tesis, la vida útil de la hembra simulada en los escenarios de aborto se rigió bajo el supuesto de un solo aborto toda en la vida útil. Es decir, fue un evento único en toda la vida. Este evento pudo darse en distintas gestaciones (primera, segunda, tercera o cuarta) y también en distintas etapas de la gestación según lo descrito para la neosporosis (aborto temprano y aborto tardío). En el caso del aborto temprano éste ocurrió a los 135 días de gestación, mientras que el aborto tardío se produjo a los 225 días de gestación. Al igual que los datos de entrada genéricos, los días abiertos luego del aborto mantuvieron los mismos valores que el escenario base para las lactancias análogas de cada escenario, considerándose en el modelo el aborto como un evento en donde terminó la preñez y comenzaron los días abiertos, no se inició una nueva lactancia y no se generó una cría. En consecuencia, el evento de aborto afectó el intervalo interparto para las lactancias de los escenarios de segunda, tercera y cuarta preñez, pero no en los de primera preñez, en donde el aborto determinó un aumento de la edad al primer parto.

En los escenarios de aborto simulados, se ha mantenido la misma secuencia de duración en los intervalos parto-concepción. Para efectos de nuestro modelo, el aborto se consideró un “parto” que no generó lactancia ni cría por lo que el intervalo aborto-concepción se determinó con el mismo valor (en días) que el intervalo parto concepción que le hubiera correspondido si hubiese sido una gestación exitosa. Bajo esta condición los escenarios de aborto tendrían un intervalo parto (aborto) a concepción adelantado, y la secuencia en días que se estableció para esto fue la siguiente: 175, 168, 166 (igual que escenario base) y el adicional de 166 que replica el último valor.

Es decir, los intervalos aborto-concepción en los escenarios de aborto fueron 175 días para los de primera preñez, 168 días para los de segunda preñez, 166 días para los de tercera preñez y 166 (se repitió) para los de cuarta preñez.

Respecto de los intervalos entre partos, es la duración del intervalo parto (o aborto)-concepción descrito anteriormente la que determina su duración, dado que la duración de la gestación se mantuvo constante en el modelo (283 días). Los intervalos entre partos incluidos en el modelo se encuentran entre cada parto exitoso, es decir, a partir de gestaciones completas. Los últimos valores de cada secuencia no reflejan realmente un intervalo entre partos, sino los días entre el último parto exitoso y el descarte. La secuencia total de intervalos entre partos para los escenarios de aborto y la duración de cada etapa reproductiva en estos escenarios se detallan en el ANEXO N° 2.

### *6.2.1.4 Datos de entrada productivos de escenarios de aborto*

Los datos de entrada para la producción láctea se mantuvieron tanto en duración como en volumen de producción, aplicando los mismos principios establecidos para los datos genéricos y reproductivos. Es decir, la primera lactancia tuvo una duración de 395 días con un volumen diario de 17,43 L, la segunda lactancia tuvo una duración de 389 días con un volumen diario de 19,98 L y la tercera lactancia fue incompleta con una duración de 329 y 239 días, para aborto temprano y tardío respectivamente, y un volumen diario de 20,86 L. En los escenarios de aborto no hubo cuarta lactancia, dado que la vida útil (edad al descarte) se consideró una constante en el modelo. Los datos de entrada en las variables temporales en los distintos escenarios de aborto se detallan en el ANEXO N° 3.

### **6.3 Distribución de los escenarios de aborto**

La distribución de escenarios de aborto por neosporosis se estableció en proporciones iguales. Es decir que del total de casos de aborto por *N. caninum* el 25% se determinó para vaquillonas de primera preñez y vacas de primera, segunda y tercera preñez. A su vez, se determinó que el 50% de los casos para cada una de estas categorías sería para aborto temprano (135 días de gestación) y el 50% restante para aborto tardío (225 días de gestación).

Esta distribución homogénea en distintas paridades y lactancias se fijó con base en la actual heterogeneidad de resultados en estudios de riesgo atribuible de aborto en hembras seropositivas a *N. caninum* realizados en distintas regiones (Thurmond y Hietala 1997a; López-Gatius et al., 2005; Mazuz et al., 2014) y a la falta de datos específicos para Uruguay, en donde se considera una enfermedad endémica que se transmite tanto por vía vertical como horizontal.

### **6.4 Cantidad anual de abortos por neosporosis**

Este trabajo toma en cuenta los 7 años (2.544 días – 84,8 meses) de vida útil de una hembra bovina en Uruguay (MU, citado de Caffarena 2021) y según cada escenario, proyecta las pérdidas por aborto (en un valor actualizado) que se concretan una vez que se ha cumplido la vida útil de esta. Es decir, las pérdidas por los abortos ocurridos en un rodeo empezando a contar desde el año 2018 se hacen patentes en último caso en el año 2025, y cada año habría oleadas de abortos en distintos escenarios, cuyas pérdidas se manifestarán en el lapso de los años siguientes de vida útil hasta el descarte.

La fórmula utilizada para la estimación de la cantidad de abortos se basó en los trabajos de Moore et al. (2013) y Reichel et al. (2013). Utilizamos una modificación de la fórmula planteada por estos autores, en la que además se consideraron las diferencias particulares del aborto en cuanto a la transmisión horizontal y vertical de la enfermedad planteadas por Thurmond y Hietala (1997a).

$$NcA(n) = (n \times PR) \times SP \times NcRR$$

Donde:

$NcA(n)$ : cantidad de abortos por *N. caninum*.

$n$ : vacas y vaquillonas en edad reproductiva.

$PR$ : tasa de preñez (proporción de hembras preñadas anualmente, respecto del total en edad reproductiva)

$(n \times PR)$ : número de vacas y vaquillonas en riesgo de abortar.

$SP$ : seroprevalencia.

$NcRR$ : riesgo de aborto por *N. caninum* en transmisión vertical u horizontal.

El número de hembras lecheras en edad reproductiva para el año 2018 según MGAP-DIEA 2019 correspondía a 430.000 al tomar en cuenta la población en la categoría “Vacas Masa” que incluye a las vacas en ordeño, las vacas secas y las vaquillonas. Dado que la cifra exacta en la cantidad de vaquillonas se desconoce, se asumió considerando una proporción de 28% y 72% de vaquillonas y vacas respectivamente, con base en la proporción de partos para el mismo año presente en la encuesta INALE (2019). Esto resultó en una cantidad de 310.000 vacas y 120.000 vaquillonas. En general, la proporción de hembras preñadas anualmente, respecto del total en edad reproductiva se estableció en 85% y 75% para vaquillonas y vacas respectivamente (Gustavo Gastal, INIA La Estanzuela, 2020, comunicación personal). Considerando un 22% de seroprevalencia individual de neosporosis a nivel nacional que no ha variado significativamente a lo largo de los años (Macchi, 2019), para el año 2018 se estima que hubo 73.590 hembras en edad reproductiva, seropositivas y en riesgo de abortar incluyendo vaquillonas y vacas. De estas, se asumió que un 90% (66.231) se infectó por vía vertical y un 10% (7.359) por vía horizontal, con un riesgo de aborto por neosporosis de 15% y 35% respectivamente (Thurmond y Hietala, 1997a). Esto dio como resultado 9.935 y 2.576 abortos según el tipo de transmisión y un total de 12.510 abortos por neosporosis para el año 2018.

## **6.5 Distribución de subescenarios de aborto por neosporosis con la opción de mantención de la hembra en el rodeo y descarte de la hembra del rodeo**

Una vez ocurrido el aborto por neosporosis el productor puede decidir descartar o mantener a la hembra abortada en su rodeo. A partir de esto los distintos escenarios de aborto se subdividieron en dos desenlaces para la hembra considerados subescenarios. El primero supone que luego del aborto la hembra se mantuvo en el rodeo hasta el final de su vida útil. El segundo supone que luego del aborto la hembra se descartó siendo vendida para faena. Estos subescenarios son mutuamente excluyentes y se distribuyen con base en el estudio realizado por Thurmond y Hietala (1996). En tal estudio se determinó que el 8% de las hembras seropositivas que abortaron fueron descartadas. En nuestro estudio del total de hembras seropositivas que sufrieron aborto, un 8% se simuló como inmediatamente descartada, mientras que el 92% restante se mantuvo en el rodeo hasta el final de su vida útil.

## **6.6 Cantidad de casos anuales de aborto independientemente de su causa**

Aplicando los mismos principios que en el apartado anterior, se pudo estimar el número de abortos como un síndrome, es decir sin atribuir una causa en particular. En tal caso se tomó en cuenta una tasa de aborto general de 10-15% (Gustavo Gastal, INIA La Estanzuela, 2020, comunicación personal) sobre la misma población de hembras en edad reproductiva y proporción de preñez mencionada arriba.

## **6.7 Pérdidas económicas directas debidas al aborto por neosporosis a nivel individual y nacional en hembras que se mantienen en el rodeo**

La pérdida económica individual producto del aborto en el caso de que se decidiera mantener a la hembra en el rodeo se determinó como la diferencia de VA entre el escenario base y el de aborto. Es decir, VA con aborto – VA sin aborto. Además de la supuesta mantención en el rodeo, se incluyen los supuestos de que no ocurrirán más abortos luego del primero y que no habrá una disminución en la producción láctea como consecuencia directa de la seropositividad.

Para determinar las pérdidas a nivel nacional se multiplicaron las pérdidas económicas individuales de cada escenario (abortos para primera, segunda, tercera y cuarta preñez) según la siguiente fórmula planteada por Moore et al (2013). Además, la distribución de los escenarios de aborto se mantuvo constante como se explicó anteriormente.

$$\text{Pérdida económica por abortos} = \text{pérdida por un aborto} \times NcA(n)$$

Siendo  $NcA(n)$  el número de abortos por *N. caninum*.

## **6.8 Pérdidas económicas directas por abortos por neosporosis que determinan un descarte de la hembra a nivel individual y nacional**

La pérdida económica individual producto del aborto en el caso de que se decidiera el descarte de la hembra luego de éste se estimó como el ingreso por la venta para faena de la hembra menos la pérdida del valor de esta hembra basado en el método de Chi et al. (2002). Es decir, Ingreso por faena – VA hembra base. En nuestro caso el valor de la hembra descartada, es decir el valor de la hembra al que se renuncia, se determinó a partir del VA de una hembra en el escenario base en los meses de edad de cada escenario de aborto mientras que los ingresos por venta para faena se determinaron con base en datos históricos del precio de la carne obtenidos del Instituto Nacional de Carnes (INAC) de Uruguay y determinando un promedio de US\$ 600 de ingreso por venta (rango de US\$ 400 a 700). El precio promedio histórico de hacienda (2013 a 2019) se determinó en un rango de US\$ 1,5 a 1,7 por kilo de peso vivo y un destare de 5%. Se usó como referencia la categoría “Vaca gorda en pie”. La estimación a nivel nacional del descarte por aborto por

neosporosis se hizo a partir del número de descartes por aborto por neosporosis para el año 2018 y su distribución descrita anteriormente. Para determinar las pérdidas a nivel nacional se empleó la misma metodología descrita por Moore et al (2013) explicada en el apartado anterior. La distribución de los escenarios de aborto también se mantuvo constante en este caso.

### **6.9 Pérdidas económicas directas sumadas para el sector primario a nivel nacional debidas a abortos por neosporosis cuyas hembras se mantienen en el rodeo y abortos que determinan un descarte de la hembra**

Considerando la cantidad anual de abortos por neosporosis, la distribución de escenarios de aborto, la distribución de subescenarios de opciones mantención y descarte y las pérdidas económicas individuales de cada escenario y subescenario de aborto se pueden estimar las pérdidas económicas sumadas producto de los abortos por neosporosis en cualquier rodeo del país del que se tenga estos datos.

Las pérdidas económicas sumadas producto de los abortos por neosporosis a nivel nacional se estimaron al sumar las pérdidas por abortos a nivel nacional en caso de mantener la hembra y las pérdidas por abortos a nivel nacional que determinan un descarte, ponderadas según la distribución de subescenarios de 92% y 8% respectivamente.

### **6.10 Evaluación económica del resultado relativo del descarte individual de la hembra que abortó**

Desde el punto de vista del productor, el evento de aborto determinaría los dos subescenarios de mantención de la hembra en el rodeo o descarte de esta. Estas opciones individuales en torno a la hembra que abortó tienen un impacto económico distinto según el escenario de aborto, pudiendo llegar a ser una mayor o menor pérdida económica. Este impacto se estimó como el ingreso por la venta para faena de la hembra menos la pérdida del valor de una hembra que abortó en cada escenario, con base en una modificación en el método de Chi et al. (2002). Es decir, Ingreso por faena – VA hembra que abortó. El valor de la hembra al que se renuncia se determinó a partir del VA de una hembra en el escenario de aborto, mientras que los ingresos por venta se determinaron al igual que para la estimación de la “pérdida económica por el aborto que determina un descarte de la hembra” descrita anteriormente. En cuanto a la interpretación de este resultado, si el valor de esta diferencia fuese positivo, la pérdida por aborto estaría siendo “atenuada” con el descarte y se consideraría una ganancia relativa (una menor pérdida dicho de otro modo), respecto de mantenerla en el rodeo, convendría descartarla entonces. Por otro lado, si el valor de esta diferencia es negativo, el descarte no logró atenuar la pérdida por aborto incluso siendo la pérdida económica relativamente mayor que al haber mantenido la hembra abortada en el rodeo, de tal modo que convendría mantenerla entonces en el rodeo. El resultado de cada una de las estimaciones individuales corresponde a una aproximación rápida de la conveniencia puramente económica de

mantener la hembra abortada o descartarla del rodeo en cada caso descrito, y siempre respetando la serie de supuestos planteados en cada caso.

### **6.11 Pérdidas productivas por neosporosis a nivel individual y nacional para el sector primario**

Las pérdidas puramente productivas a nivel individual se determinaron como la cría perdida y la disminución de la producción láctea vitalicia respecto del escenario base, a partir del subescenario de aborto en el que la hembra se mantiene en el rodeo hasta el final de su vida productiva. En cuanto a las pérdidas productivas a nivel nacional, para la estimación de pérdida de crías anuales se tomó en cuenta la cantidad de abortos por neosporosis anuales, mientras que para la disminución en la producción láctea a nivel nacional se consideró la cantidad de abortos por neosporosis a nivel nacional, la distribución de los escenarios de aborto por neosporosis, la distribución de los subescenarios de mantención y descarte y las diferencias de producción láctea vitalicia para cada escenario individual de aborto con mantención de la hembra en el rodeo respecto del escenario base.

### **6.12 Pérdidas económicas directas debidas al aborto independientemente de su causa a nivel individual y nacional**

La pérdida económica individual debida al síndrome de aborto con mantención de la hembra en el rodeo se fijó como el promedio lineal de lo estimado para la neosporosis en los distintos escenarios de aborto (primera, segunda, tercera y cuarta preñez). Del mismo modo, la pérdida económica individual por un síndrome de aborto y que determina un descarte de la hembra se fijó como el promedio lineal de lo estimado para la neosporosis en los distintos escenarios de aborto (primera, segunda, tercera y cuarta preñez). Además, la pérdida económica individual general por síndrome de aborto, en este caso aplicable tanto como para los casos de mantención de la hembra o descarte de esta, se determinó como el promedio ponderado entre las distintas pérdidas individuales por síndrome de aborto, asumiendo la proporción de subescenarios de aborto con mantención y aborto con descarte empleadas para la neosporosis. Finalmente, las pérdidas por síndrome de aborto a nivel de rodeo nacional se determinaron a partir de la pérdida económica individual general por síndrome de aborto multiplicada por el número de casos anuales de abortos independiente de su causa.

### **6.13 Pérdidas económicas directas debido aborto independientemente de su causa, que determina un descarte, a nivel individual y nacional**

A nivel individual la pérdida económica por un síndrome de aborto que determina un descarte de la hembra se fijó como el promedio lineal de lo estimado para la neosporosis en los distintos escenarios de aborto (primera, segunda, tercera y cuarta preñez). Las pérdidas económicas a nivel

de rodeo nacional se estimaron a partir de la multiplicación de la pérdida económica individual por el número de hembras descartadas por síndrome de aborto a nivel nacional.

Para determinar el número de hembras descartadas por síndrome de aborto a nivel nacional se aplicó la tasa de descarte promedio y luego la proporción de los descartes debida a abortos, sobre el número de hembras en riesgo de abortar (hembras preñadas) del año 2018. Se ha descrito que en Uruguay la tasa de descarte anual promedio es de 23,1% y del total de descartes un 12,2% se debe a abortos (Doncel, 2022).



## 7 RESULTADOS

### 7.1 Resultados individuales para las variables temporales, productivas, reproductivas y económicas.

#### 7.1.1 Escenario base

##### 7.1.1.1 *Estructura de egresos e ingresos por etapa*

En este escenario el saldo acumulado justo antes de la primera lactancia fue de US\$ -636,25 y considera los egresos de las etapas “Crianza”, “Recría 1”, “Recría 2” y “Recría 3”. Estos egresos estuvieron dados por dos principales gastos: 1) la alimentación y 2) la mano de obra. La alimentación fluctuó entre US\$ 61,70 y 226,15, y la mano de obra entre US\$ 5,05 y 42,97, dependiendo de la etapa. Los egresos en estas etapas además incluyeron ciertas inversiones detalladas en los anexos. La duración de las etapas fue de 73, 107, 550 y 276 días, respectivamente.

El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 1” fue de US\$ 334,20 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.989,03), y 2) la venta del ternero (US\$ 61), menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1.079,58) y 2) inversiones (US\$ 876,92). En esta etapa la mayor proporción de egresos (45%) estuvo dada por la inversión inicial de las instalaciones y el equipamiento de ordeño. La duración de esta etapa fue de 395 días.

En la etapa “Vaca Seca 1” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo estos de US\$ 75,59. La mayor proporción de gastos estuvo dada por la mano de obra (52,9%, US\$ 40,02). Esta etapa duró 63 días y finalizó con un saldo acumulado de US\$ 258,61. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 2” fue de US\$ 1.356,27 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 2.245,39), 2) la venta del ternero (US\$ 61), menos los egresos compuestos solo por gastos (US\$ 1.208,73). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada por la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 389 días.

Al igual que en la etapa “Vaca Seca 1”, en la etapa “Vaca Seca 2” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo estos de US\$ 102,98. La mayor proporción de gastos fue por alimentación (55,0%, US\$ 56,66). Esta etapa duró 62 días y finalizó con un saldo acumulado de US\$ 253,29.

El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 3” fue de US\$ 2.443,32 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 2.332,24), y 2) de la venta del ternero, menos los egresos compuestos solo por gastos (US\$ 1.203,22). Aquí la mayor proporción de gastos estuvo dada por la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración de esta etapa

fue de 387 días. Al igual que en las etapas “Vaca Seca 1 y 2”, en la etapa “Vaca Seca 3” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo estos de US\$ 100,64. La mayor proporción de gastos fue por alimentación (54,0%, US\$ 54,32). Esta etapa duró 62 días y finalizó con un saldo acumulado de US\$ 2.342,68.

El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 4” fue de US\$ 3497,94 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.081,64), 2) la venta del ternero (US\$ 61), 3) la venta de la vaca por descarte (US\$ 600), y 4) del recupero de las inversiones (US\$ 660,09), menos los egresos solamente compuestos por los gastos (US\$ 587,38). Aquí la mayor proporción de gastos estuvo dada por la alimentación (72%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 180 días.

#### *7.1.1.2 Variables de respuesta*

El VA máximo fue de US\$ 3.629,07 y ocurrió en el mes 34 de vida útil, al inicio de la etapa “Lactancia 1”, y el valor mínimo ocurrió en el mes 84 de la vida útil, al final de la etapa “Lactancia 4”. El promedio de los VA de toda la vida útil fue de US\$ 2.542,49. En este escenario no se simuló abortos, por lo que no se muestra una diferencia de valores que represente el impacto económico de este evento. Las tendencias del VA en este escenario se muestran ascendentes al principio y a medida que transcurre cada lactancia decaen. Además, al inicio de cada nueva lactancia este valor aumenta para después seguir cayendo (Figura 2). La tasa interna de retorno (TIR) en este escenario fue de 42,66% (Figura 3). El repago ocurrió en la etapa “Lactancia 1” en el mes 42,9 de vida útil (Figura 4). Esto ocurrió así al no tener en cuenta el valor de las instalaciones y equipos, de hacerlo el período de repago ocurriría en la etapa “Lactancia 2”. El intervalo entre partos promedio de este escenario fue de 451 días. En este escenario no se simuló abortos, por lo que se generaron 4 crías en los meses 34, 49, 64 y 79 de vida útil. Producto de las gestaciones exitosas además ocurrieron cuatro lactancias. La primera lactancia fue entre el mes 34 y 47 de vida útil, la segunda fue entre el mes 49 y 61 de vida útil, la tercera entre el mes 64 y 76 de vida útil y la cuarta entre el mes 79 y 84 de vida útil.

Producto de las gestaciones exitosas además ocurrieron cuatro lactancias (lactancias 1 a 4), a los meses 34- 47, 49-61, 64-76, y 79-84 de vida útil, respectivamente.

#### 7.1.2 Escenario vaquillona aborto temprano

Los resultados individuales económicos y productivos presentados a continuación representan los distintos escenarios de aborto y siempre en el subescenario de mantención de la hembra en el rodeo. La estructura de egresos e ingresos por etapa en todos los escenarios de aborto se detallan en el ANEXO N° 4.

### 7.1.2.1 *Variables de respuesta*

El VA máximo fue de US\$ 3.169,14 y ocurrió en el mes 44 de vida útil, al inicio de la etapa “Lactancia 1”, y el valor mínimo ocurrió en el mes 84 de la vida útil, al final de la etapa “Lactancia 3”. El promedio de los VA de toda la vida útil fue de US\$ 2.214,29. Sobre las tendencias del VA en este escenario son similares al escenario base, aunque los valores difieren (Figura 2). En este escenario se simuló un aborto temprano en la primera preñez, y la diferencia de VA entre el escenario base y este escenario de aborto fue de US\$ -832,07. Este valor representa el impacto económico de un aborto que ocurrió en el mes 29 de vida útil. La TIR en este escenario fue de 30,72%. Es decir, 11,94 puntos porcentuales menor al escenario base de 42,66% (Figura 4). El periodo de repago y el intervalo entre partos promedio se mencionan más adelante. En este escenario se produjo un aborto y 3 crías. El aborto ocurrió en el mes 29, y los partos exitosos con crías en los meses 44, 59, y 74 de vida útil. La primera lactancia fue entre el mes 44 y 57 de vida útil, la segunda entre el mes 59 y 71, y la tercera entre el mes 74 y 84.

### 7.1.3 Escenario vaquillona aborto tardío

#### 7.1.3.1 *Variables de respuesta*

El VA máximo fue de US\$ 2.942,1 y ocurrió en el mes 47 de vida útil, al inicio de la etapa “Lactancia 1”, y el valor mínimo ocurrió en el mes 84 de la vida útil, al final de la etapa “Lactancia 3”. El promedio de los VA de toda la vida útil fue de US\$ 2.015,44. Sobre las tendencias del VA en este escenario son similares al escenario base, aunque los valores difieren (Figura 2). En este escenario se simuló un aborto tardío en la primera preñez, y la diferencia de VA entre el escenario base y este escenario de aborto fue de US\$ -1.167,20. Este valor representa el impacto económico de un aborto que ocurrió en el mes 32 de vida útil. La TIR en este escenario fue de 26,94%. Es decir, 15,72 puntos porcentuales menor al escenario base de 42,66% (Figura 3). El repago y el intervalo entre partos promedio se mencionan más adelante. En este escenario se produjo un aborto y 3 crías. El aborto ocurrió en el mes 32, y los partos exitosos con crías en los meses 47, 62, y 77 de vida útil. La primera fue entre el mes 47 y 60 de vida útil, la segunda entre el mes 62 y 74, y la tercera entre el mes 77 y 84.

### 7.1.4 Escenario Vaca 2° preñez aborto temprano

#### 7.1.4.1 *Variables de respuesta*

En los escenarios de aborto de segunda, tercera y cuarta preñez el VA máximo ocurrió en el mes 34 de vida útil, al inicio de la etapa “Lactancia 1” y el valor mínimo ocurrió en el mes 84 de la vida útil, al final de la etapa “Lactancia 3”. El VA máximo fue de US\$ 2.878,52. El promedio de los VA de toda la vida útil fue de US\$ 2.120,30. Sobre las tendencias del VA en este escenario

son similares al escenario base, aunque los valores difieren (Figura 2). En este escenario se simuló un aborto temprano en la segunda preñez, y la diferencia de VA entre el escenario base y este escenario de aborto fue de US\$ -782.42. Este valor representa el impacto económico de un aborto que ocurrió en el mes 44 de vida útil. La TIR en este escenario fue de 35,54%. Es decir, 7,13 puntos porcentuales menor al escenario base de 42,66% (Figura 3). El repago y el intervalo entre partos promedio se mencionan más adelante. En este escenario se produjo un aborto y 3 crías. El aborto ocurrió en el mes 44, y los partos exitosos con crías en los meses 34, 59 y 74 de vida útil. La primera lactancia fue entre el mes 34 y 47 de vida útil, la segunda entre el mes 59 y 71, y la tercera entre el mes 74 y 84.

### 7.1.5 Escenario Vaca 2° preñez aborto tardío

#### 7.1.5.1 *Variables de respuesta*

El VA máximo fue de US\$ 2.579,9. El promedio de los VA de toda la vida útil fue de US\$ 1.893,78. Sobre las tendencias del VA en este escenario son similares al escenario base, aunque los valores difieren (Figura 2). En este escenario se simuló un aborto tardío en la segunda preñez, y la diferencia de VA entre el escenario base y este escenario de aborto fue de US\$ -1.107,49. Este valor representa el impacto económico de un aborto que ocurrió en el mes 47 de vida útil. La TIR en este escenario fue de 32,90%. Es decir, 9,76 puntos porcentuales menor al escenario base de 42,66% (Figura 3). El repago y el intervalo entre partos promedio se mencionan más adelante. En este escenario se produjo un aborto y 3 crías. El aborto ocurrió en el mes 47, y los partos exitosos con crías en los meses 34, 62, y 77 de vida útil. La primera lactancia fue entre el mes 34 y 47 de vida útil, la segunda entre el mes 62 y 74, y la tercera entre el mes 77 y 84.

### 7.1.6 Escenario Vaca 3° preñez aborto temprano

#### 7.1.6.1 *Variables de respuesta*

El VA máximo fue de US\$ 2.943,96. El promedio de los VA de toda la vida útil fue de US\$ 2.015,20. Sobre las tendencias del VA en este escenario son similares al escenario base, aunque los valores difieren (Figura 2). En este escenario se simuló un aborto temprano en la tercera preñez, y la diferencia de VA entre el escenario base y este escenario de aborto fue de US\$ -763,34. Este valor representa el impacto económico de un aborto que ocurrió en el mes 58 de vida útil. La TIR en este escenario fue de 38,60%. Es decir, 4,07 puntos porcentuales menor al escenario base de 42,66% (Figura 3). El repago y el intervalo entre partos promedio se mencionan más adelante. En este escenario se produjo un aborto y 3 crías. El aborto ocurrió en el mes 58 y los partos exitosos con crías en los meses 34, 49 y 74 de vida útil. La primera lactancia fue entre el mes 34 y 47 de vida útil, la segunda entre el mes 49 y 61, y la tercera entre el mes 74 y 84.

### 7.1.7 Escenario Vaca 3° preñez aborto tardío

#### 7.1.7.1 *Variables de respuesta*

El VA máximo fue de US\$ 2.660,7. El promedio de los VA de toda la vida útil fue de US\$ 1.755,78. Sobre las tendencias del VA en este escenario son similares al escenario base, aunque los valores difieren (Figura 2). En este escenario se simuló un aborto tardío en la tercera preñez, y la diferencia de VA entre el escenario base y este escenario de aborto fue de US\$ -1.092,45. Este valor representa el impacto económico de un aborto que ocurrió en el mes 61 de vida útil, bajo determinadas condiciones. La TIR en este escenario fue de 36,99%. Es decir, 5,67 puntos porcentuales menor al escenario base de 42,66% (Figura 3). El repago y el intervalo entre partos promedio se mencionan más adelante. En este escenario se produjo un aborto y 3 crías. El aborto ocurrió en el mes 61, y los partos exitosos con crías en los meses 34, 49, y 77 de vida útil. La primera lactancia fue entre el mes 34 y 47 de vida útil, la segunda entre el mes 49 y 61, y la tercera entre el mes 77 y 84.

### 7.1.8 Escenario Vaca 4° preñez aborto temprano

#### 7.1.8.1 *Variables de respuesta*

El VA máximo fue de US\$ 3.118,36. El promedio de los VA de toda la vida útil fue de US\$ 2.026,54. Sobre las tendencias del VA en este escenario son similares al escenario base, aunque los valores difieren (Figura 2). En este escenario se simuló un aborto temprano en la cuarta preñez, y la diferencia de VA entre el escenario base y este escenario de aborto fue de US\$ -605,64. Este valor representa el impacto económico de un aborto que ocurrió en el mes 72 de vida útil. La TIR en este escenario fue de 40,89%. Es decir, 1,78 puntos porcentuales menor al escenario base de 42,66% (Figura 3). El repago y el intervalo entre partos promedio se mencionan más adelante. En este escenario se produjo un aborto y 3 crías. El aborto ocurrió en el mes 72 y los partos exitosos con crías en los meses 34, 49 y 64 de vida útil. La primera lactancia fue entre el mes 34 y 47 de vida útil, la segunda entre el mes 49 y 61, y la tercera entre el mes 64 y 76.

### 7.1.9 Escenario Vaca 4° preñez aborto tardío

#### 7.1.9.1 *Variables de respuesta*

Tanto el VA máximo como el promedio de los VA de toda la vida útil fueron los mismos que para el escenario “Vaca 4° preñez aborto temprano”. Sobre las tendencias del VA en este escenario son similares al escenario base, aunque los valores difieren (Figura 2). En este escenario se simuló un aborto tardío en la cuarta lactancia, y la diferencia de VA entre el escenario base y este escenario de aborto fue de US\$ 613,24. Este valor representa el impacto económico de un aborto que ocurrió

en el mes 75 de vida útil. La TIR en este escenario fue de 40,89%. Es decir, 1,78 puntos porcentuales menor al escenario base de 42,66% (Figura 3). El repago y el intervalo entre partos promedio se mencionan más adelante. En este escenario se produjo un aborto y 3 crías. El aborto ocurrió en el mes 75, y los partos exitosos con crías en los meses 34, 49, y 64 de vida útil. La primera lactancia fue entre el mes 34 y 47 de vida útil, la segunda entre el mes 49 y 61, y la tercera entre el mes 64 y 76.

## **7.2 Diferencias por etapa en los resultados de los distintos escenarios y subescenarios de aborto por neosporosis a nivel individual para las variables temporales, productivas, reproductivas y económicas**

### **7.2.1 Etapas Cría, Recría 1, Recría 2 y Recría 3 con primera preñez**

El aborto simulado en los distintos escenarios tuvo varios efectos en variables temporales, productivas, reproductivas y económicas. En cuanto a las etapas Cría, Recría y Recría 2 no hubo diferencias en los escenarios de aborto con respecto al escenario base ni entre los mismos, ya que en esas etapas tempranas no hubo gestaciones. En la Recría 3, hubo diferencias en los escenarios de aborto “vaquillona aborto temprano” y “vaquillona aborto tardío” con respecto al escenario base. En estos dos escenarios de aborto, temprano y tardío, hubo una interrupción de la primera preñez en el día 135 y 225, respectivamente (día 858 y 948 de vida útil, meses 29 y 32) y esto dio lugar a un adelantamiento del primer intervalo parto(aborto)-concepción, que tuvo una duración de 175 días en ambos casos. A su vez, la pérdida de la gestación retrasó el inicio de la primera lactancia, lo que extendió la etapa Recría 3 (normalmente de 276 días) hasta los 585 y 675 días. Esta prolongación de 309 y 399 días en la Recría 3 para cada escenario de aborto explicaría las diferencias en la proporción de costos y sus montos en esta y algunas de las etapas posteriores.

El repago en estos escenarios de aborto en la primera preñez (Recría 3) sucedió el mes 56,9 (Lactancia 1) y 62,5 (Lactancia 2) de vida útil para el aborto temprano y tardío respectivamente, por lo que hubo una diferencia de 14 y 19,6 meses de retraso en el repago teniendo en cuenta que esto ocurría en el mes 42,9 de vida útil en el escenario base. Además, entre los escenarios de aborto temprano y tardío hubo una diferencia de 5,6 meses. Los únicos escenarios que sufrieron retrasos en el repago fueron los de aborto en la primera preñez (Figura 4).

Para estos escenarios de aborto en la primera preñez, el intervalo interparto promedio para el de aborto temprano y tardío, fue de 409 y 379 días respectivamente. Estas diferencias de -42 y -72 días con respecto al escenario base (intervalo interparto promedio de 451 días) se explican porque los valores intervalo parto-concepción tienden a disminuir a medida que transcurre la vida útil, y dado que no ocurrió el primer intervalo parto-concepción (de 175 días) por el aborto, el promedio de este indicador para toda la vida útil con respecto al del escenario base disminuyó. Es decir, estas diferencias resultan simplemente por los supuestos y las limitaciones del modelo. En los otros

escenarios de aborto el intervalo interparto promedio para ambos, fue de 512 días. Esta diferencia de 61 días con respecto al escenario base (intervalo interparto promedio de 451 días) se explica al igual que en los casos anteriores porque los valores de los intervalos parto-concepción tienden a disminuir a medida que transcurre la vida útil, pero en estos casos solamente hubo un retraso del primer período de intervalo parto-concepción (175 días), mientras que el último (166 días) no ocurrió debido a que se produjo el descarte del animal a una edad preestablecida (día 2544 de vida, mes 84,8). Todo esto determinó un aumento del promedio de este indicador para toda la vida útil con respecto al escenario base.

Sobre la producción láctea vitalicia en estos escenarios de aborto en la primera preñez, esta fue de 21.520 y 19.663 L para el aborto temprano y tardío, respectivamente, por lo que hubo una diferencia de -4.953 y -6.810 con respecto al escenario base (producción vitalicia de 26.474 L). Además, entre los mismos escenarios de aborto temprano y tardío hubo una diferencia de 1.856 litros en favor del aborto temprano (Figuras 5 y 6).

En cuanto a la distribución temporal del número de crías generadas en los escenarios de aborto en la primera preñez, en el escenario de aborto temprano se generaron 3 crías en los meses 44, 59, y 74 de vida útil. Es decir, la primera cría se retrasó 10 meses respecto del escenario base (34 meses). En el escenario de aborto tardío se generaron 3 crías en los meses 47, 62 y 77 de vida útil. Es decir, la primera cría se retrasó 13 meses respecto del escenario base (34 meses) (Figura 8).

Las pérdidas económicas individuales estimadas para abortos tempranos o tardíos en la primera gestación y cuya hembra se mantiene en el rodeo fueron de US\$ -832,07 y -1.162,58 (Cuadro I), respectivamente. Las diferencias entre estos dos escenarios se explican por el período que separa a ambos escenarios de aborto (3 meses), y representan US\$ 330,51 adicionales en el escenario tardío. Estas pérdidas individuales ocurren siempre y cuando se decida mantener al animal en el rodeo, su siguiente preñez exitosa ocurra en las mismas condiciones que el escenario base y no sufra más abortos. Si se opta por el descarte inmediato de la hembra que abortó, las pérdidas económicas para estos escenarios individuales de aborto temprano y tardío alcanzan los US\$ -2.702,00 y -2.825,50 respectivamente (Cuadro I).

Cuadro I. Pérdida económica individual por aborto por neosporosis en hembras que se mantienen en el rodeo y abortos que determina un descarte.

Escenario de aborto	Hembra se mantiene en el rodeo (US\$)	Hembra es descartada del rodeo (US\$)
Vaquillona aborto temprano	-832	-2.702
Vaquillona aborto tardío	-1.162	-2.825
Vaca 2 preñez aborto temprano	-782	-2.351
Vaca 2 preñez aborto tardío	-1.102	-2.194
Vaca 3 preñez aborto temprano	-763	-1.630
Vaca 3 preñez aborto tardío	-1.087	-1.414
Vaca 4 preñez aborto temprano	-605	-1.035
Vaca 4 preñez aborto tardío	-613	-782
Promedio	-868	-1.866

*El impacto económico descrito ocurre siempre y cuando la hembra no sufra otro aborto.*

*La distribución de escenarios de aborto es uniforme para el número de preñez y el momento del aborto*

## 7.2.2 Etapas Lactancias y Secas

### 7.2.2.1 *Etapa Lactancia 1 y Vaca Seca 1 con segunda preñez*

En las etapas “Lactancia 1” y “Vaca Seca 1”, se notan diferencias en los escenarios de aborto “Vaca 2° preñez aborto temprano” y “Vaca 2° preñez aborto tardío” con respecto al escenario base. En estos dos escenarios de aborto, temprano y tardío, hubo una interrupción de la segunda preñez en el día 135 y 225 respectivamente (día 1.316 y 1.406 de vida útil, mes 44 y 47). El aborto temprano ocurrió en la etapa “Lactancia 1”, mientras que el tardío ocurrió en la etapa “Vaca Seca 1”. Este evento de aborto, independientemente de la etapa productiva en la que ocurrió, dio lugar a un adelantamiento en el inicio del nuevo intervalo parto (aborto)-concepción. Además, este tuvo una duración de 168 días en ambos casos. A su vez, la pérdida de la gestación retrasó el inicio de la segunda lactancia, lo que extendió la etapa “Vaca Seca 1” (normalmente de 63 días de duración) hasta los 365 y 455 días. Esta prolongación de 302 y 392 días en la etapa “Vaca Seca 1” para cada escenario de aborto explicaría las diferencias en la proporción de gastos y sus montos en esta y algunas de las etapas posteriores.



Sobre la producción láctea vitalicia en estos escenarios de aborto en la segunda preñez, estas fueron las mismas que para los escenarios de primera preñez, para el aborto temprano y tardío. La diferencia entre escenarios también fue la misma (Figuras 5 y 6).

En cuanto a la distribución temporal del número de crías generadas en los escenarios de aborto en la segunda preñez, en el escenario de aborto temprano se generaron 3 crías en los meses 34, 59 y 74 de vida útil. Es decir, la segunda cría se retrasó 10 meses respecto del escenario base (49 meses). En el escenario de aborto tardío se generaron 3 crías en los meses 34, 62 y 77 de vida útil. Es decir, la segunda cría se retrasó 13 meses del escenario base (49 meses) (Figura 7).

Las pérdidas económicas individuales estimadas para abortos tempranos o tardíos en la segunda gestación y cuya hembra se mantiene en el rodeo son de US\$ -782,42 y -1.102,57 (Cuadro I), respectivamente. Las diferencias entre estos dos escenarios se explican por el período que separa a ambos escenarios de aborto (3 meses), y representan US\$ 320,15 adicionales en el escenario tardío. Estas pérdidas individuales ocurren siempre y cuando se mantengan las mismas condiciones explicadas en el apartado de escenarios de aborto en primera preñez. Si se opta por el descarte inmediato de la hembra que abortó, las pérdidas económicas para estos escenarios individuales de aborto temprano y tardío alcanzan los US\$ -2.351,10 y -2.194,50 respectivamente (Cuadro I).

#### *7.2.2.2 Etapa Lactancia 2 y Vaca Seca 2 con tercera preñez.*

En las etapas “Lactancia 2” y “Vaca Seca 2”, se encontraron diferencias en los escenarios de aborto “Vaca 3° preñez aborto temprano” y “Vaca 3° preñez aborto tardío” con respecto al escenario base. En estos dos escenarios de aborto, temprano y tardío, hubo una interrupción de la segunda preñez en el día 135 y 225 respectivamente (día 1.767 y 1.857 de vida útil, mes 59 y 62). El aborto temprano ocurrió en la etapa “Lactancia 2”, mientras que el tardío ocurrió en la etapa “Vaca Seca 2”. Este evento de aborto, independientemente de la etapa productiva en la que ocurrió, dio lugar a un adelantamiento en el inicio del nuevo intervalo parto (aborto)-concepción. Además, este tuvo una duración de 166 días en ambos casos. A su vez, la pérdida de la cría retrasó el inicio de la tercera lactancia, lo que extendió la etapa “Vaca Seca 2” (normalmente de 62 días) hasta los 362 y 452 días. Esta prolongación de 300 y 390 días en la etapa “Vaca Seca 2” para cada escenario de aborto explicaría las diferencias en la proporción de costos y sus montos en esta y algunas de las etapas posteriores.

Sobre la producción láctea vitalicia en estos escenarios de aborto en la tercera preñez, resultaron en las mismas que para los escenarios de aborto de primera y segunda preñez, tanto para el aborto temprano y tardío. La diferencia entre escenarios también fue la misma (Figuras 5 y 6).

En cuanto a la distribución temporal del número de crías generadas en los escenarios de aborto en la tercera preñez, en el escenario de aborto temprano se generaron 3 crías en los meses 34, 49 y 74

de vida útil. Es decir, la tercera cría se retrasó 10 meses respecto del escenario base (64 meses). En el escenario de aborto tardío se generaron 3 crías en los meses 34, 49 y 77 de vida útil. Es decir, la tercera cría se retrasó 13 meses del escenario base (64 meses) (Figura 7).

Las pérdidas económicas individuales estimadas para abortos tempranos o tardíos en la tercera gestación y cuya hembra se mantiene en el rodeo son de US\$ -763,34 y -1.087,21 (Cuadro I), respectivamente. Las diferencias entre estos dos escenarios se explican por el período que separa a ambos escenarios de aborto (3 meses), y representan US\$ 323,87 adicionales en el escenario tardío. Estas pérdidas individuales ocurren siempre y cuando se mantengan las mismas condiciones explicadas en el apartado de escenarios de aborto en primera preñez. Si se opta por el descarte inmediato de la hembra que abortó, las pérdidas económicas para estos escenarios individuales de aborto temprano y tardío alcanzan los US\$ -1.630,50 y -1.414,10 respectivamente (Cuadro I).

### 7.2.2.3 *Etapas Lactancia 3 y Vaca Seca 3 con cuarta preñez*

En las etapas “Lactancia 3” y “Vaca Seca 3” se encontraron diferencias en los escenarios de aborto “Vaca 4° preñez aborto temprano” y “Vaca 4° preñez aborto tardío” con respecto al escenario base. En estos dos escenarios de aborto, temprano y tardío, hubo una interrupción de la cuarta preñez en el día 135 y 225 respectivamente (día 2.216 y 2.306 de vida útil, mes 74 y 77). El aborto temprano ocurrió en la etapa “Lactancia 3”, mientras que el tardío ocurrió en la etapa “Vaca Seca 3”. Este evento de aborto dio lugar, independientemente de la etapa productiva en la que ocurrió, a un adelantamiento en el inicio del nuevo intervalo parto (aborto)-concepción. (normalmente de 180 días, hasta el descarte) que bajo estas nuevas condiciones duró 329 y 239 días para el aborto temprano y tardío, respectivamente. A su vez, la pérdida de la cría retrasó el inicio de la cuarta lactancia, lo que extendió la etapa Vaca Seca 3 (normalmente de 62 días) hasta los 242 días en ambos casos. Esta prolongación de 180 días en la etapa Vaca Seca 3 para cada escenario de aborto explicaría las diferencias en la proporción de costos y sus montos en esta y algunas de las etapas posteriores.

Sobre la producción láctea vitalicia en estos escenarios de aborto en la cuarta preñez, esta fue de 22.730 L tanto para el aborto temprano como tardío, por lo que hubo una diferencia de -3.744 L con respecto al escenario base (producción vitalicia de 26.474 L) (Figuras 5 y 6).

En cuanto a la distribución de temporal del número de crías generadas en los escenarios de aborto en la cuarta preñez, en el escenario de aborto temprano y tardío se generaron 3 crías en los meses 34, 49 y 64 de vida útil. Es decir, la cuarta cría no alcanzó a nacer antes del descarte (Figura 7).

Las pérdidas económicas individuales estimadas para abortos tempranos o tardíos en la cuarta gestación y cuya hembra se mantiene en el rodeo son de US\$ -605,64 y -613,24 (Cuadro I), respectivamente. Las diferencias entre estos dos escenarios se explican por el período que separa

a ambos escenarios de aborto (3 meses), y representan US\$ 7,6 adicionales en el escenario tardío. Estas pérdidas individuales ocurren siempre y cuando se mantengan las mismas condiciones explicadas en el apartado de escenarios de aborto en primera preñez. Si se opta por el descarte inmediato de la hembra que abortó, las pérdidas económicas para estos escenarios individuales de aborto temprano y tardío alcanzan los US\$ -1.035,70 y -782,10 respectivamente (Cuadro I).

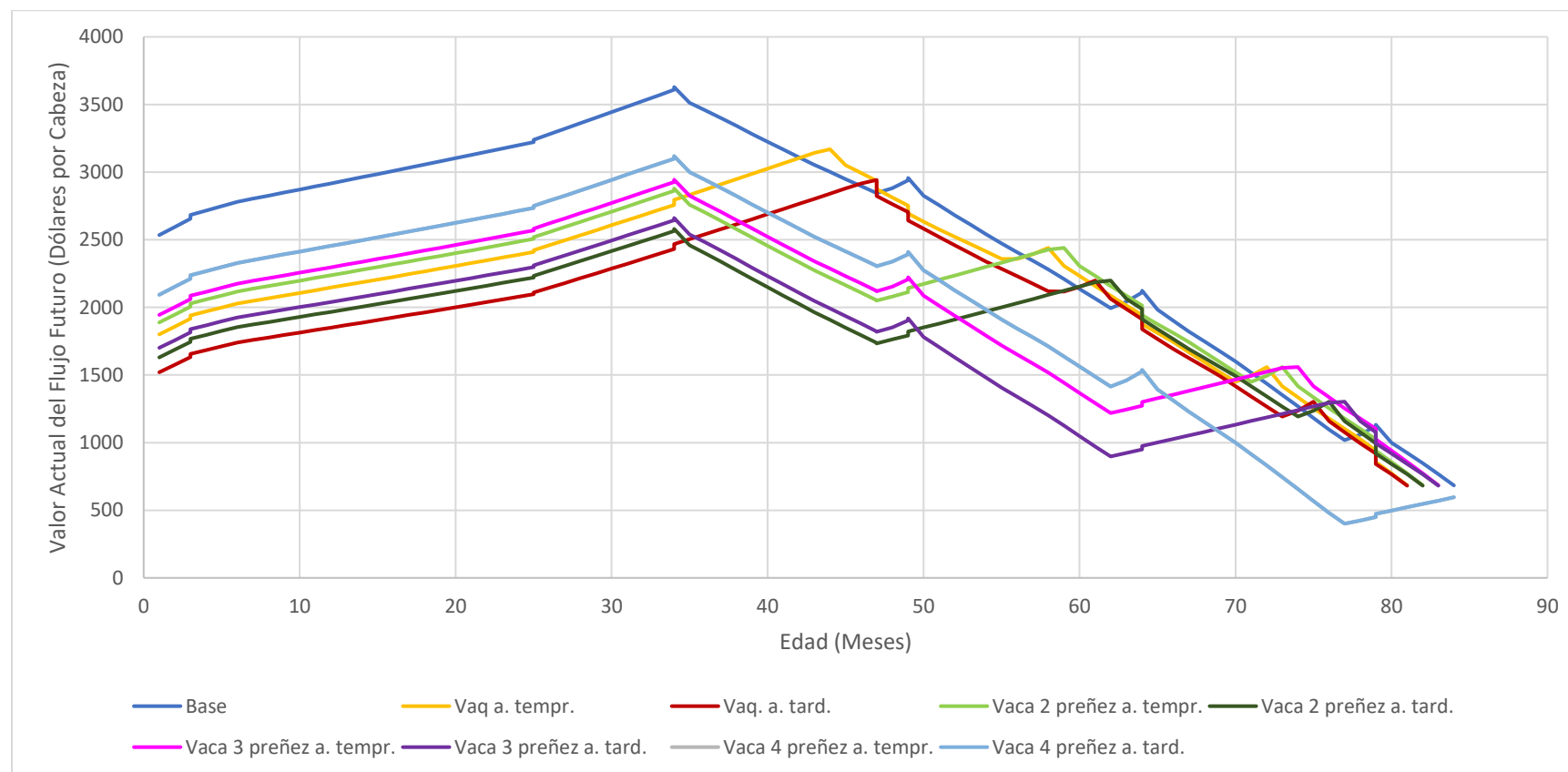
### **7.3 Pérdidas productivas por neosporosis a nivel individual**

Las pérdidas puramente productivas individuales de cada escenario de aborto fueron 1 cría (debido a que cada modelo individual considera solo un aborto a lo largo de la vida productiva) y la diferencia de producción láctea vitalicia en litros respecto de los 26.473 L producidos en el escenario base (Figuras 5 y 6). Estas pérdidas consideran el subescenario de mantención de la hembra en el rodeo luego del aborto.

Los escenarios vaquillona aborto temprano, vaca 2° preñez aborto temprano y vaca 3° preñez aborto temprano tuvieron una reducción de su producción vitalicia en 4.954 L, mientras que los escenarios vaquillona aborto tardío, vaca 2° preñez aborto tardío y vaca 3° preñez aborto tardío tuvieron una reducción en su producción vitalicia en 6.831 L. Los dos escenarios de aborto vaca 4° preñez tuvieron una reducción en su producción vitalicia en 3.744 L (Figura 5).

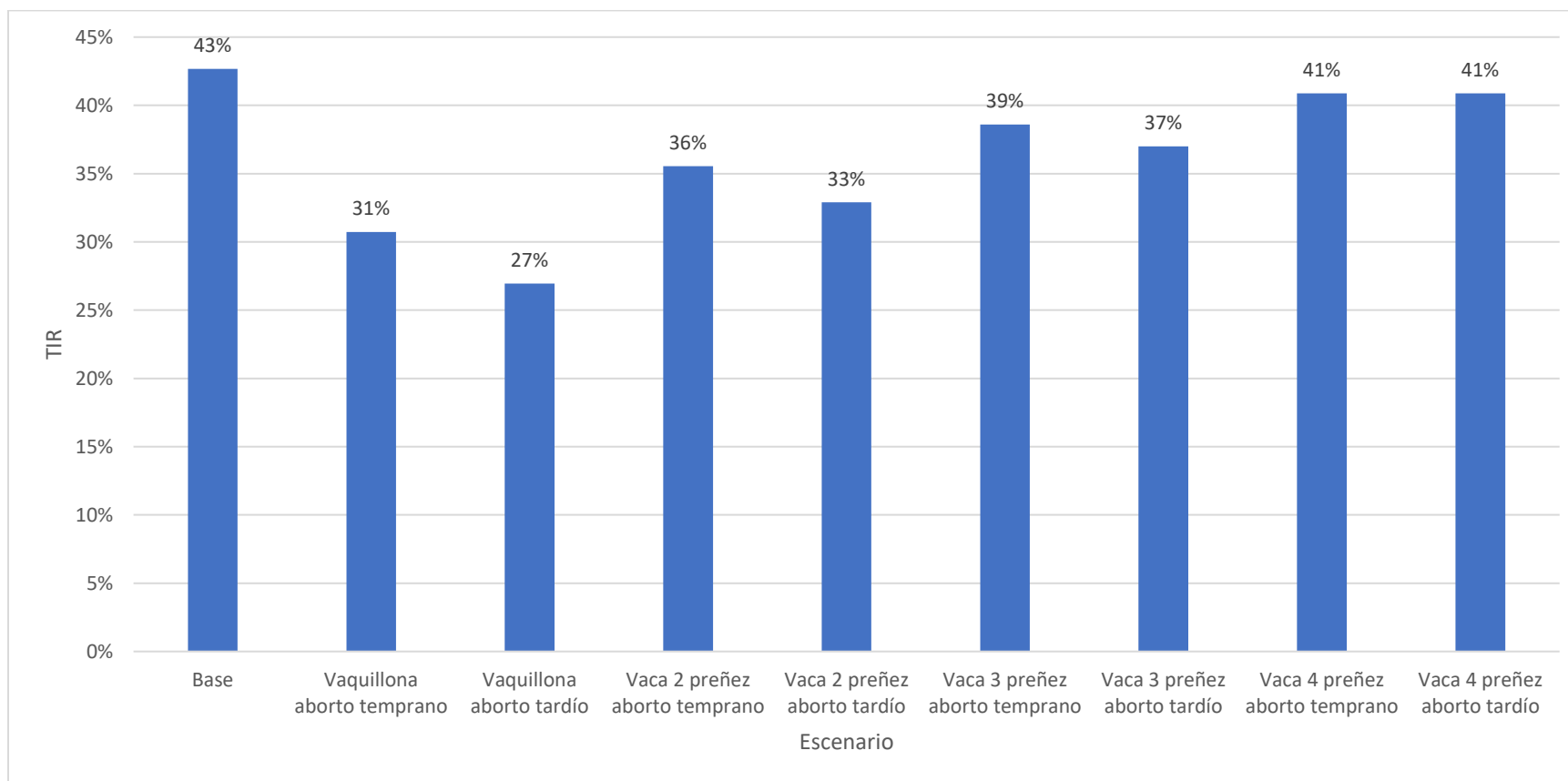
## 7.4 Gráficos comparativos para las variables de respuesta

Figura 2. Valor actual (VA) histórico según escenario.



Tendencias históricas del valor actual neto (dólares) de la simulación individual base (sin abortos) y las simulaciones que sufrieron abortos en distintos escenarios. Los escenarios de aborto tienen tendencias parecidas al escenario base en cuanto a la trayectoria, pero en general no alcanzan los valores máximos equivalentes para cada etapa productiva respecto del escenario base. En algunos escenarios el pico del VA se retrasa en varios meses. Los escenarios de cuarta preñez (gris y celeste) se superponen. En los escenarios de aborto se asume un solo aborto y la hembra se mantiene en el rodeo hasta el final de su vida productiva.

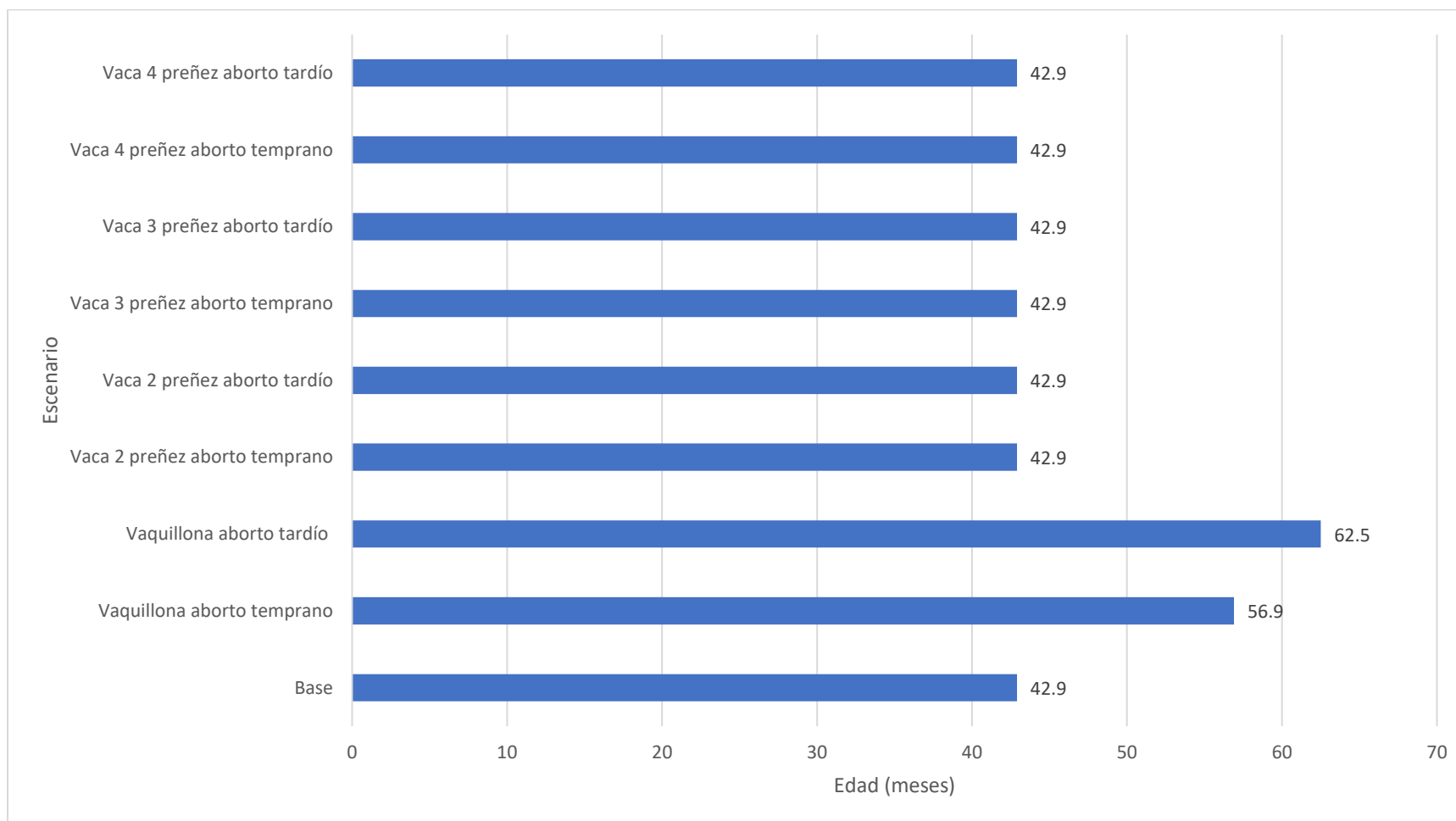
Figura 3. Tasa interna de retorno (TIR) según escenario.



*Se considera como base una inversión de 100 dólares.*

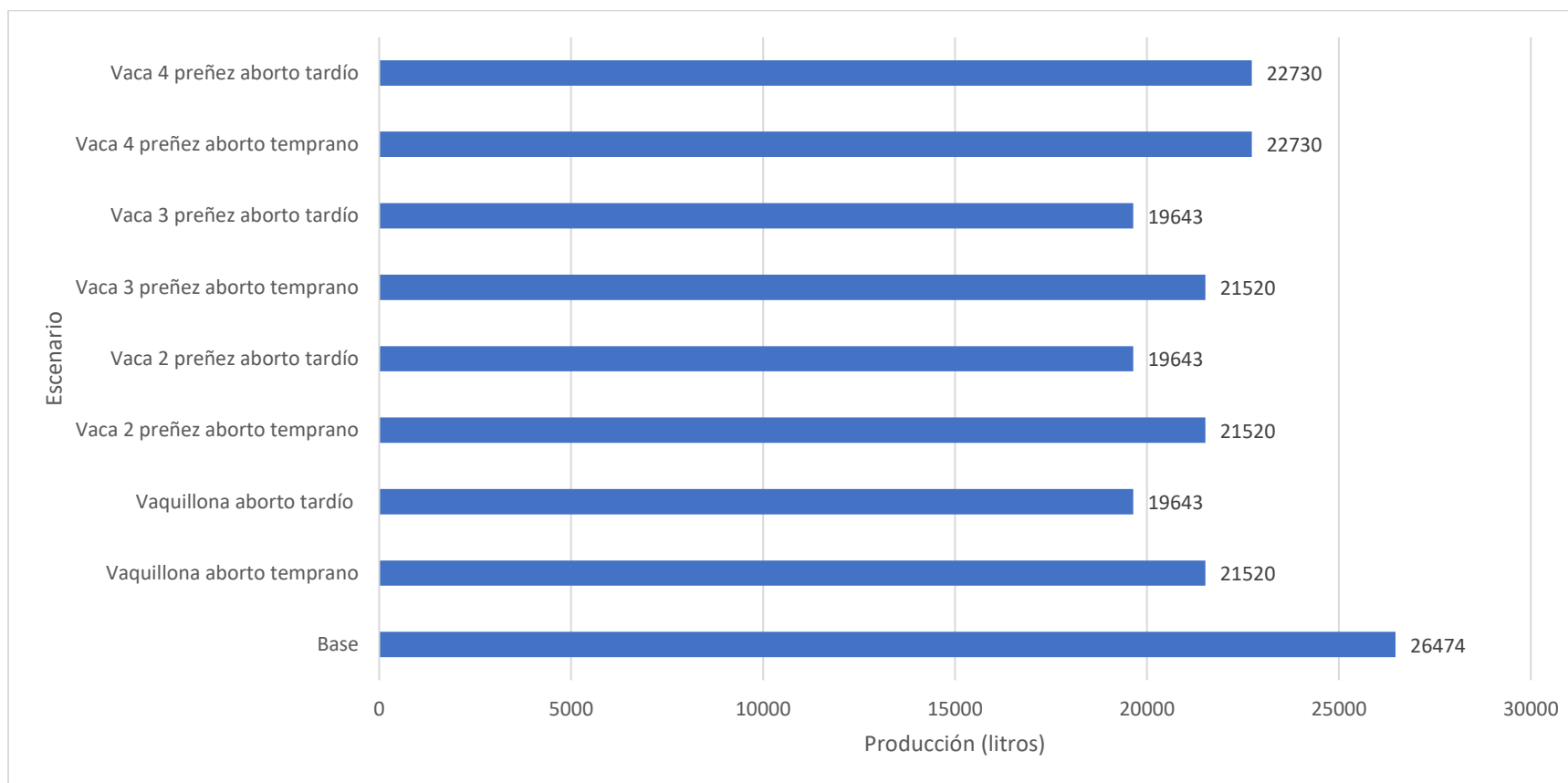
Tasa interna de retorno (TIR) de la simulación individual base (sin abortos) y las simulaciones que sufrieron abortos en distintos escenarios. Todos los escenarios de aborto tuvieron una menor TIR respecto del escenario base, es decir fueron menos rentables. Los escenarios de aborto menos rentables son los de vaquillona aborto temprano y tardío (primera preñez). Los escenarios más cercanos al escenario base son los de aborto en la cuarta preñez. En los escenarios de aborto se asume un solo aborto y la hembra se mantiene en el rodeo hasta el final de su vida productiva.

Figura 4. Momento del repago según escenario.



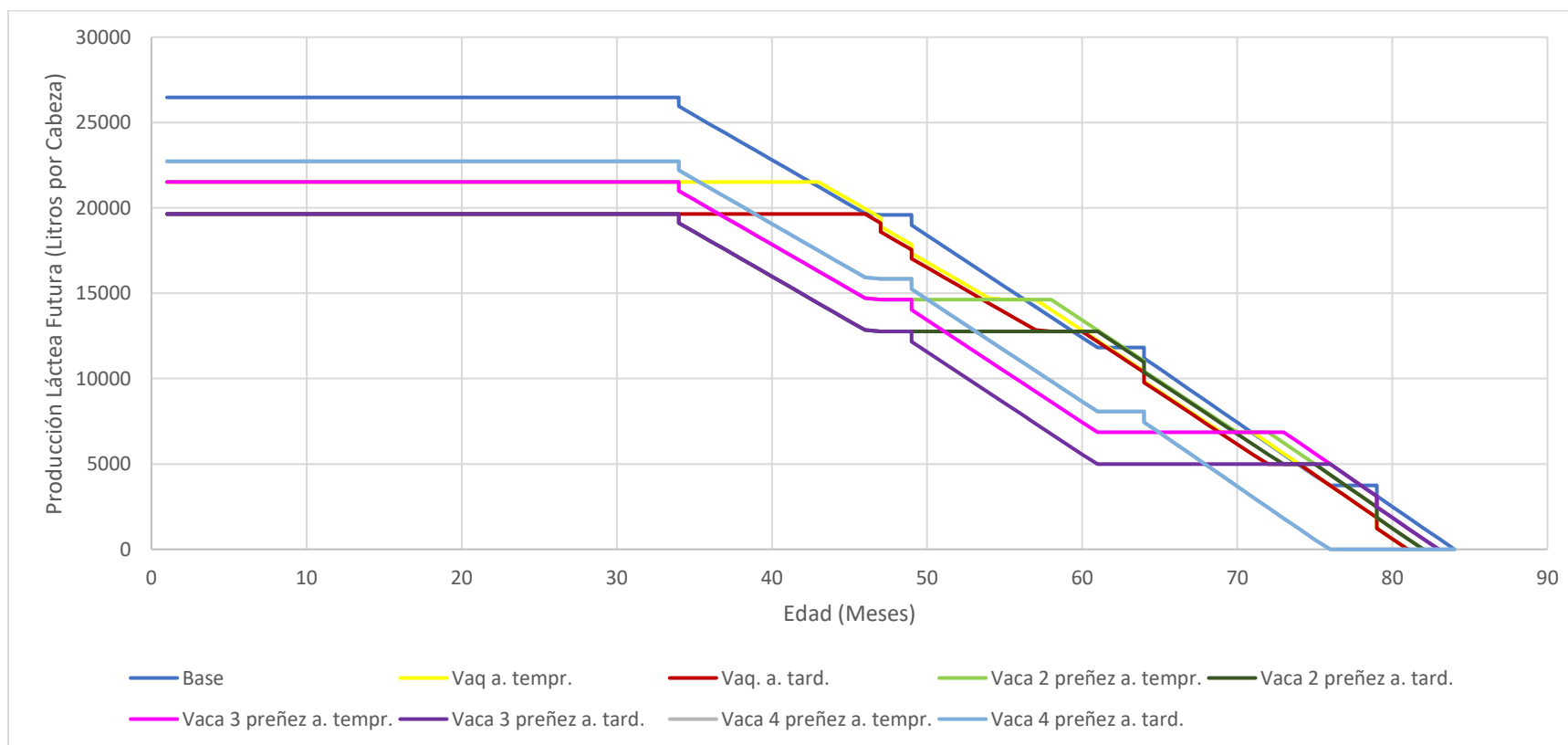
Repago de la simulación individual base (sin abortos) y las simulaciones que sufrieron abortos en distintos escenarios. En el escenario base ocurre aproximadamente en el mes 43 de edad. En los escenarios de aborto solo hay diferencias en los de primera preñez tanto para el aborto temprano como tardío, ocurriendo en los meses aproximadamente al mes 57 y 63 respectivamente. En los escenarios de aborto se asume un solo aborto y la hembra se mantiene en el rodeo hasta el final de su vida productiva.

Figura 5. Producción láctea vitalicia según escenario.



Producción láctea vitalicia de la simulación individual base (sin abortos) y las simulaciones que sufrieron abortos en distintos escenarios. En general todos los escenarios de aborto tienen una menor producción vitalicia respecto del escenario base, aunque dentro de los mismos los escenarios de aborto, los tardíos presentan una mayor disminución. Los escenarios de cuarta preñez no siguen esta tendencia. En los escenarios de aborto se asume un solo aborto y la hembra se mantiene en el rodeo hasta el final de su vida productiva.

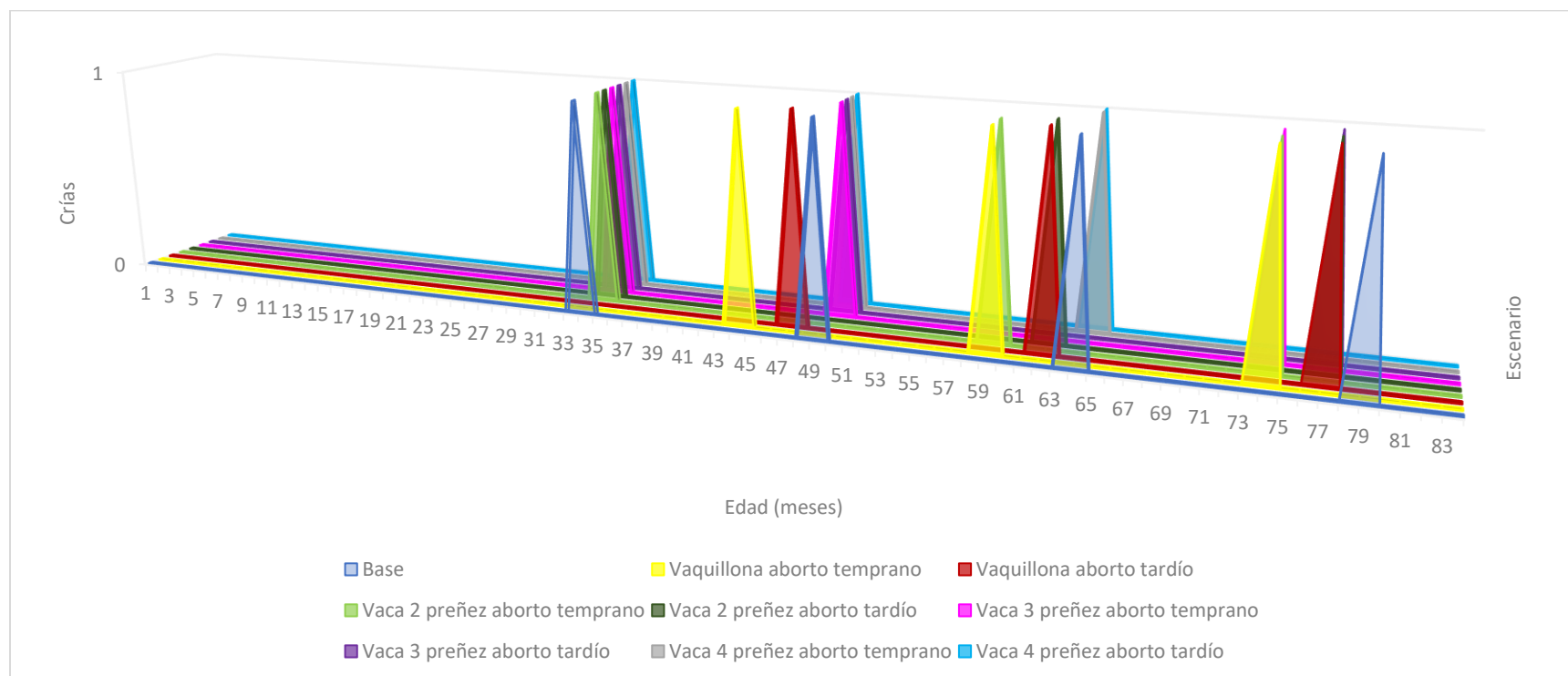
Figura 6. Producción láctea futura según escenario.



Tendencias históricas de la producción láctea futura (litros) de la simulación individual base (sin abortos) y las simulaciones que sufrieron abortos en distintos escenarios. Los escenarios de aborto tienen tendencias parecidas al escenario base en cuanto a la trayectoria, pero en general no alcanzan los valores máximos equivalentes para cada etapa productiva respecto del escenario base. Los valores más cercanos se dieron en los escenarios de aborto en cuarta preñez y los valores más lejanos en los escenarios de primera preñez (vaquillonas). Los escenarios de cuarta preñez (gris y celeste) se superponen. En los escenarios de aborto se asume un solo aborto y la hembra se mantiene en el rodeo hasta el final de su vida productiva.



Figura 7. Número y distribución histórica de crías según escenario.



Tendencias históricas en el número de crías y su distribución temporal en la simulación individual base (sin abortos) y las simulaciones que sufrieron abortos en distintos escenarios. Los escenarios de aborto tienen tendencias parecidas al escenario base en cuanto a la trayectoria, pero han perdido la generación de una cría, en distintos momentos, respecto del escenario base. La generación de la primera cría se ve atrasada en los escenarios de primera preñez (vaquillonas). En los escenarios de aborto se asume un solo aborto y la hembra se mantiene en el rodeo hasta el final de su vida productiva.

### **7.5 Cantidad de abortos por neosporosis anuales, distribución de los escenarios y subescenarios de aborto y número de casos anuales de aborto independientemente de su causa**

Los detalles de las estimaciones para estos resultados se describen en la sección MATERIALES Y MÉTODOS. La cantidad de abortos por neosporosis para el año 2018 se estimó en 12.510. La distribución de los escenarios de abortos se estableció de forma homogénea entre los ocho escenarios (12,5% cada uno). Además, con base en un total de 334.500 hembras en riesgo y una tasa de aborto general de 10-15% se estimó un total de 33.450 a 50.175 casos de aborto, independientemente de la causa.

Luego del aborto por neosporosis, la hembra puede mantenerse en el rodeo o ser descartada. Estos subescenarios de desenlace se distribuyeron en una proporción de 92% y 8% respectivamente. Es decir que para un total de 12.510 hembras que abortaron y que se distribuyeron en los distintos escenarios de aborto, 11.509 se mantuvieron en el rodeo hasta el final de su vida útil y 1.001 fueron inmediatamente descartadas para faena.

### **7.6 Pérdidas económicas directas debidas al aborto por neosporosis a nivel individual y nacional en hembras que se mantienen en el rodeo**

El valor promedio de las pérdidas individuales por aborto en hembras que se mantienen en el rodeo es de US\$ -868,63 (Cuadro I). Este promedio lineal se calculó con base a las diferencias de VA al momento de abortar según cada escenario (Figura 8).

Considerando la pérdida económica de la neosporosis solo por aborto a nivel individual para cada escenario, la cantidad anual de abortos por neosporosis y la distribución de los escenarios de aborto se pudo estimar la pérdida económica debida a los abortos por neosporosis para el rodeo nacional en el sector primario. Las pérdidas económicas por abortos por neosporosis en hembras que se mantienen en el rodeo, para el sector primario a nivel nacional ascendieron a US\$ 9.997.519 (Figura 10).

### **7.7 Pérdidas económicas directas por abortos por neosporosis que determinan un descarte de la hembra a nivel individual y nacional**

El valor promedio de las pérdidas individuales por aborto por neosporosis que determina un descarte es de US\$ -1.866,94 (Cuadro I). Este promedio lineal se determinó a partir del ingreso por venta para faena menos el VA de una hembra que no abortó según el mes equivalente a cada escenario de aborto descrito (Figura 8).

Las pérdidas económicas por abortos por neosporosis que determinan un descarte únicamente para el sector primario a nivel nacional ascienden a US\$ 1.868.476 (Figura 10).

## 7.8 Pérdidas económicas directas sumadas para el sector primario a nivel nacional debidas a abortos por neosporosis cuyas hembras se mantienen en el rodeo y abortos que determinan un descarte de la hembra

La pérdidas económicas directas sumadas producto de los abortos por neosporosis a nivel nacional para el sector primario fue la suma de las pérdidas nacionales dadas por los abortos en sus distintos escenarios (de preñez y de aborto temprano o tardío) y subescenarios (de mantención o descarte) en las proporciones ya determinadas. Estas pérdidas económicas ascienden a US\$ 11.865.995 (Figura 10).

## 7.9 Evaluación económica del resultado relativo del descarte individual de la hembra que abortó

El valor promedio del resultado relativo del descarte individual de la hembra que abortó es de US\$ -998,31 (Cuadro II). Este promedio lineal se determinó a partir del ingreso por venta para faena menos el VA de una hembra que abortó según el mes equivalente a cada escenario de aborto descrito (Figura 9).

Cuadro II. Resultado relativo del descarte individual de la hembra que abortó según escenario

Escenario de aborto	Pérdida económica (US\$)
Vaquillona aborto temprano	-1870
Vaquillona aborto tardío	-1663
Vaca 2 preñez aborto temprano	-1569
Vaca 2 preñez aborto tardío	-1092
Vaca 3 preñez aborto temprano	-867
Vaca 3 preñez aborto tardío	-327
Vaca 4 preñez aborto temprano	-430
Vaca 4 preñez aborto tardío	-169
Promedio	-998,31

*El impacto económico descrito ocurre siempre y cuando la hembra no sufra otro aborto y sea descartada y vendida para faena inmediatamente después del aborto.*

*La distribución de escenarios de aborto es uniforme para el número de preñez y el momento del aborto*

## 7.10 Pérdidas productivas por neosporosis a nivel nacional

Las pérdidas puramente productivas contemplan las crías perdidas y la disminución de litros de leche producidos. Considerando la cantidad de abortos por neosporosis anuales ya determinado, hubo una pérdida de 12.510 crías por neosporosis a nivel nacional el año 2018. Del total de

hembras que abortó por neosporosis, 11.509 (92%) se mantuvieron en el rodeo hasta el final de su vida productiva. Tomando en cuenta la distribución de los escenarios de aborto y las diferencias de producción láctea vitalicia para cada escenario respecto del base, las pérdidas acumuladas resultaron en 61.637.560 litros de leche considerando los siete años subsiguientes al año 2018, es decir que estas pérdidas terminan de cumplirse en el año 2025 (Figura 11).

### **7.11 Pérdidas económicas directas debidas al aborto independientemente de su causa a nivel individual y nacional**

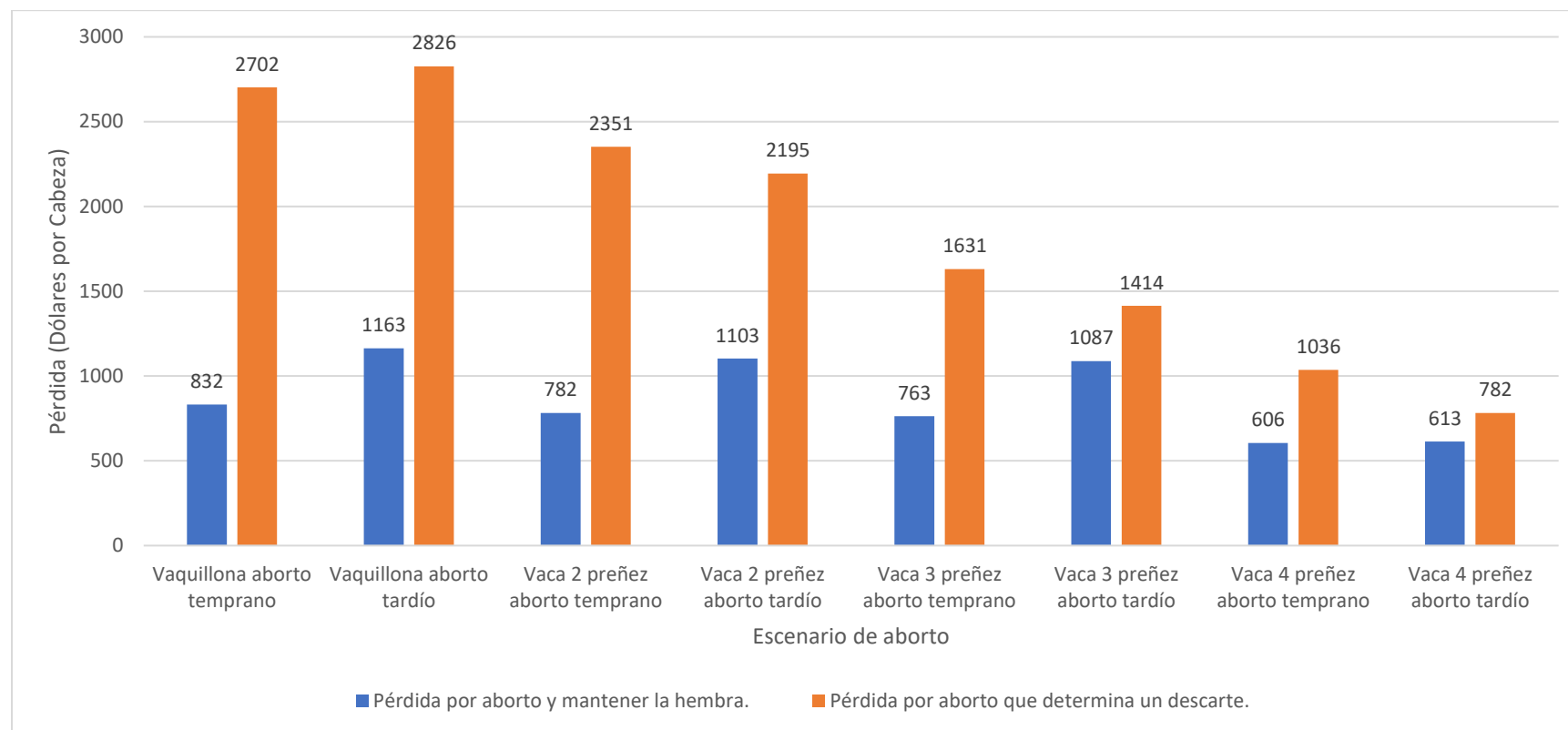
Con base en los resultados para la neosporosis, la pérdida individual debida al síndrome de aborto con mantención de la hembra en el rodeo y un aborto que determina un descarte de la hembra US\$ 868,63 y US\$ 1.866,9. La pérdida económica individual general por síndrome de aborto resultó en US\$ 948. Finalmente, las pérdidas económicas directas debidas a los abortos ocurridos en el 2018 independientemente de su causa alcanzaron los US\$ 31.710.600 y US\$ 47.565.900, considerando una tasa general de aborto de 10% y 15% respectivamente.

### **7.12 Pérdidas económicas directas debido al aborto independientemente de su causa, que determina un descarte, a nivel individual y nacional**

A nivel individual la pérdida económica directa producto del descarte ocurrido a partir del aborto, independientemente de su causa, se fijó como el promedio lineal de lo estimado para la neosporosis en los distintos escenarios de aborto (primera, segunda, tercera y cuarta preñez). Este valor fue de US\$ 1.866,9. El número de hembras descartadas por síndrome de aborto a nivel nacional para el año 2018 se determinó en 9.427. Las pérdidas económicas debido al descarte por aborto independientemente de su causa alcanzaron los US\$ 17.599.266.

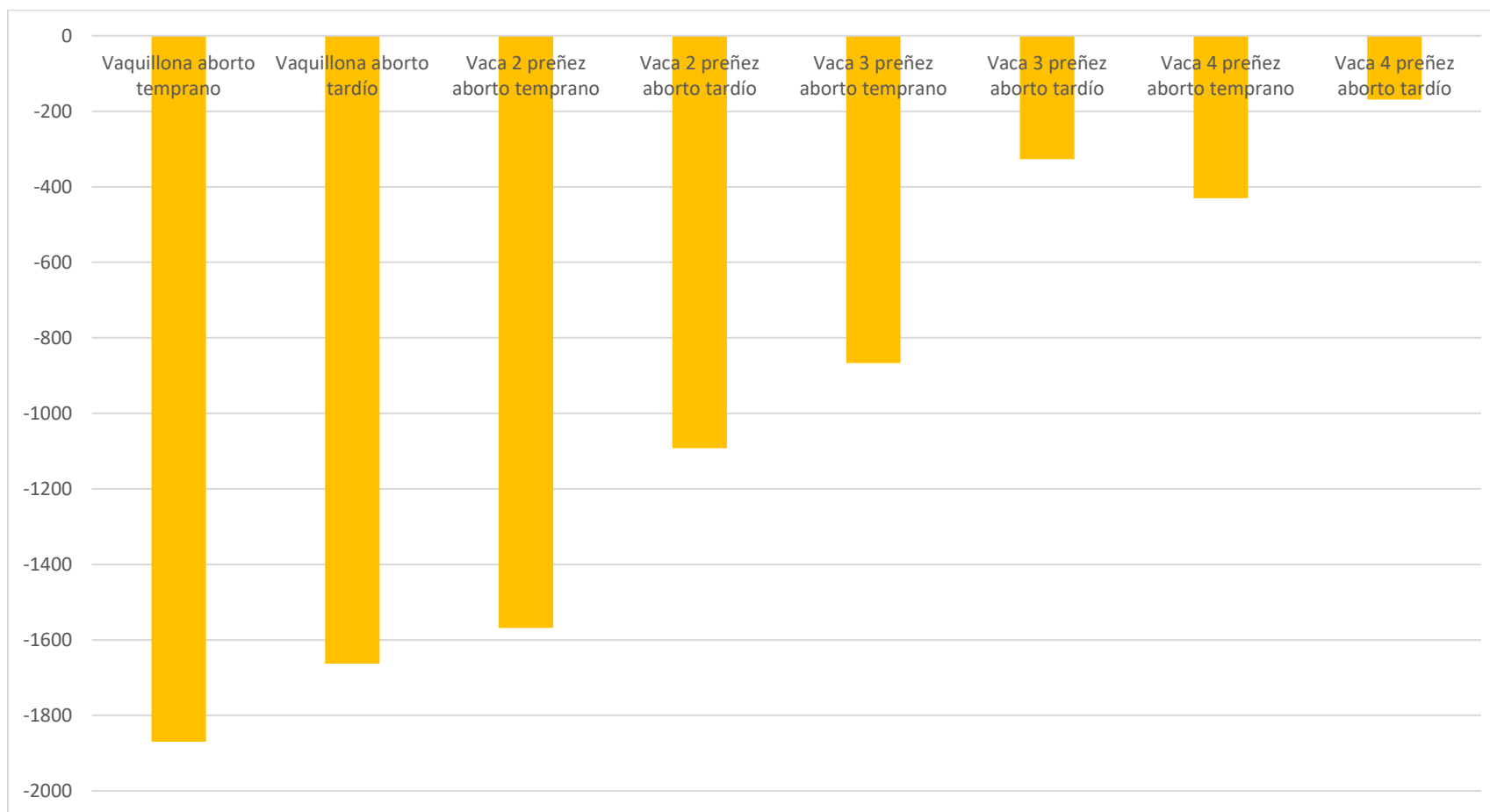
### 7.13 Gráficos de pérdidas económicas y productivas

Figura 8. Pérdidas económicas individuales (en dólares) por aborto según escenario y subescenario de mantención o descarte.



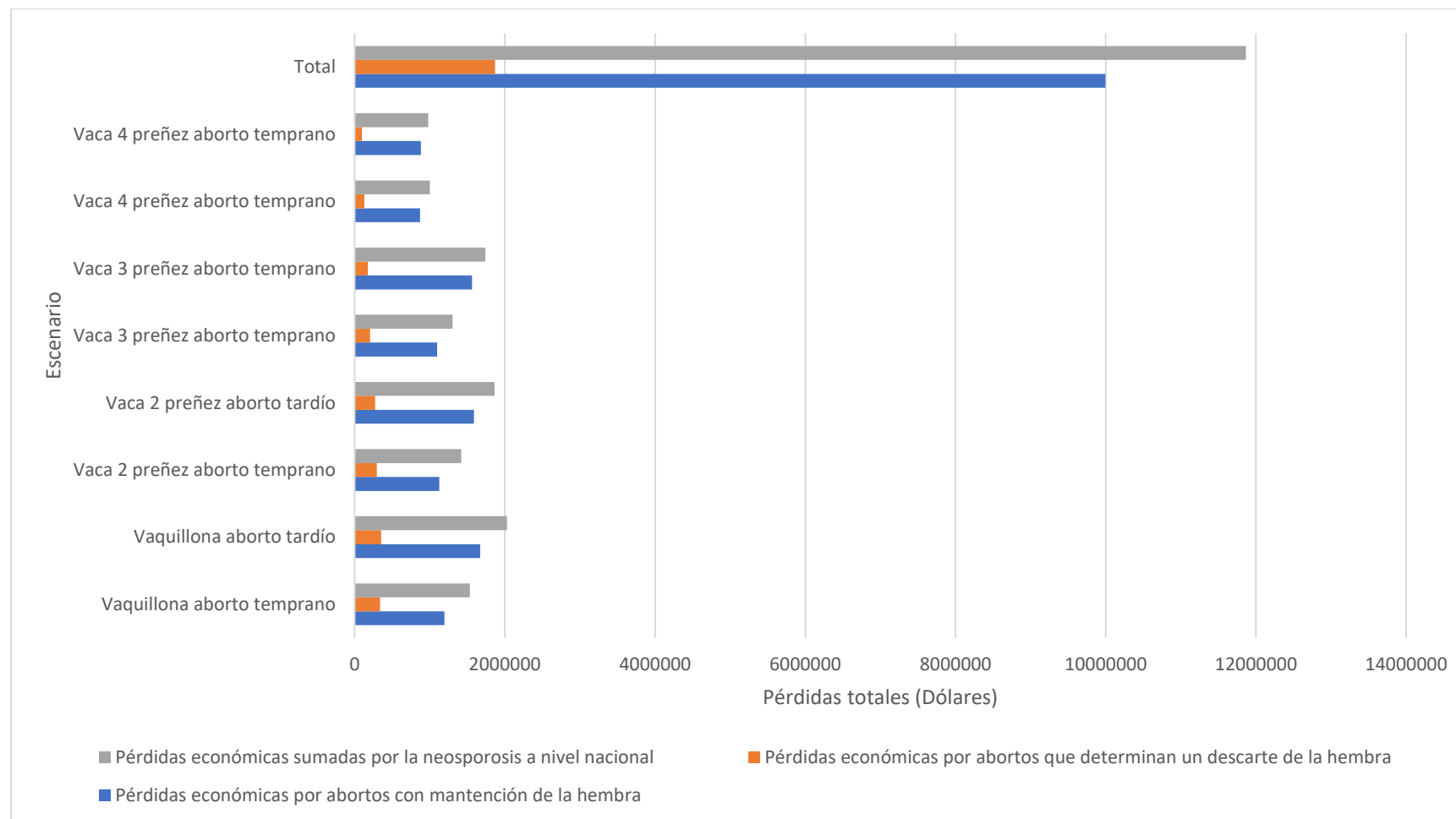
Pérdidas económicas individuales (dólares) por escenario de aborto y subescenario. Entre los distintos escenarios de aborto al mantener a la hembra en el rodeo, las mayores pérdidas se observan en los escenarios de primera preñez y el impacto tiende a disminuir a medida que avanzan las paridades (barras azules). Cuando el aborto determina un descarte inmediato de la hembra, la tendencia es similar a la opción mantener, siendo el impacto económico mayor en los escenarios de menor paridad. Al comparar las pérdidas individuales por aborto y mantención de la hembra con las del aborto que determina un descarte, la segunda es mayor en todos los escenarios.

Figura 9. Resultado relativo del descarte individual de la hembra que abortó según escenario.



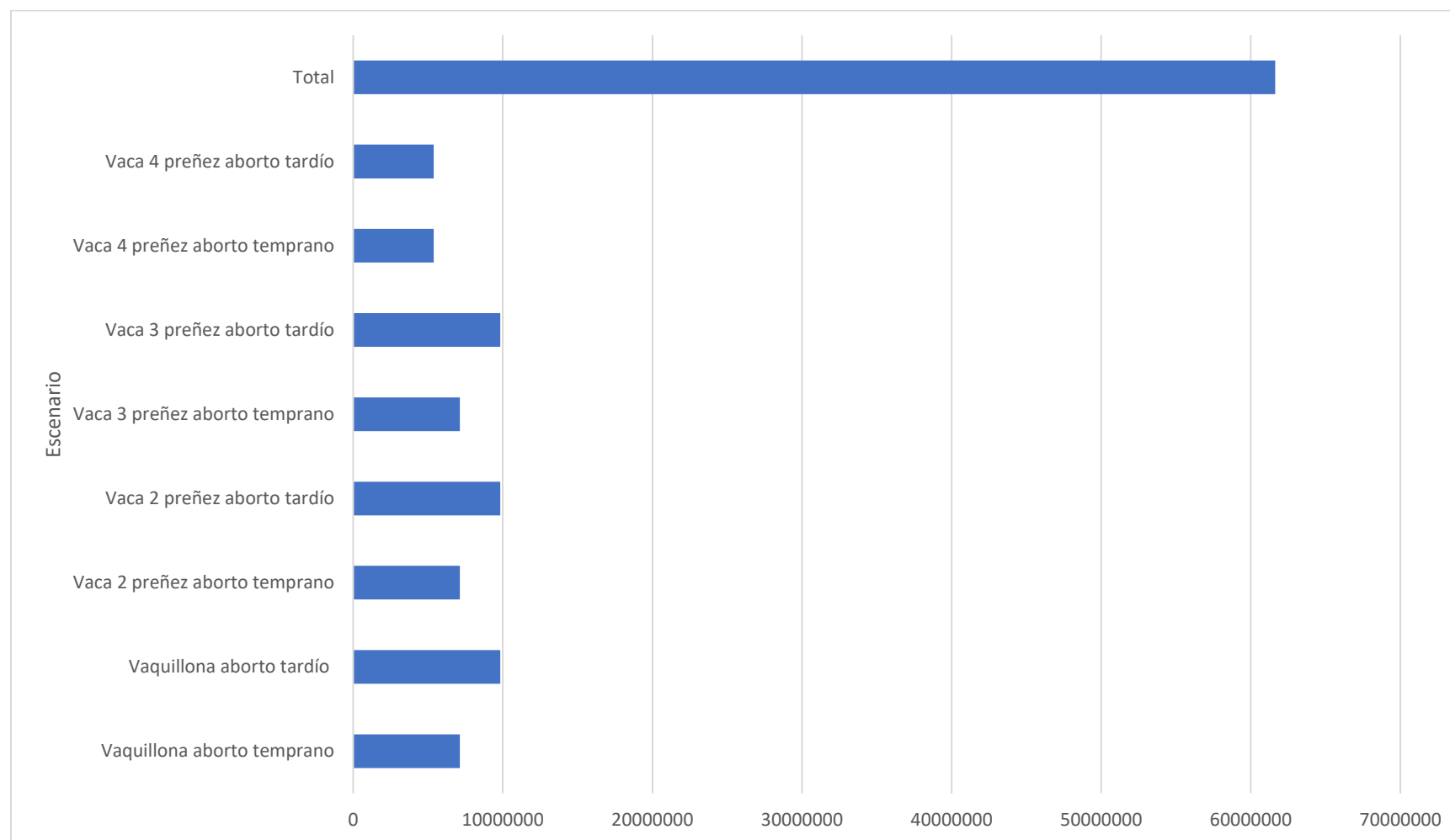
Resultado relativo del descarte individual de la hembra que abortó según escenario. Este corresponde a una aproximación rápida de la conveniencia puramente económica de mantener la hembra abortada o descartarla del rodeo en cada caso descrito. Todos los resultados muestran un valor negativo, es decir, el descarte y venta para faena no logró atenuar la pérdida por aborto. Los escenarios de mayor pérdida relativa al descartar son los tempranos y tiende a disminuir la pérdida al avanzar la edad y paridad.

Figura 10. Pérdidas económicas directas (en dólares) para el sector primario por los abortos por neosporosis ocurridos en el año 2018 a nivel nacional.



Pérdidas económicas directas nacionales (en dólares) y por escenario de aborto. Los escenarios de aborto tardío y mantención concentran las mayores pérdidas. En conjunto, las pérdidas económicas para el sector primario producto de los abortos ocurridos en 2018 alcanzan aproximadamente once millones de dólares.

Figura 11. Pérdidas productivas lácteas (en litros) por los abortos por neosporosis ocurridos en el año 2018 a nivel nacional



Pérdidas productivas lácteas nacionales totales y por escenario de aborto. En general los escenarios de aborto tardío concentran las mayores pérdidas. Los escenarios de cuarta preñez no siguen esta tendencia. En conjunto, las pérdidas para el sector primario producto de los abortos ocurridos en 2018 alcanzan aproximadamente los 62 millones de litros.



## 8 DISCUSIÓN

En la sección anterior se presentaron los resultados de variables productivas, reproductivas y económicas en la vida útil de la vaca lechera en Uruguay promedio. También se mostraron los efectos productivos, reproductivos y económicos generados por el aborto a través de la simulación, lo que mostró diferencias en los escenarios de aborto con respecto al escenario base y diferencias entre los distintos escenarios de aborto.

Las variables de respuesta económicas fueron el valor actual neto (VA), la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de repago, mientras que las variables de respuesta productivas fueron la producción láctea vitalicia y la cantidad de crías en la vida productiva.

Considerando los resultados por etapa en los distintos escenarios, recién en la Recría 3 se notan las diferencias en los escenarios con respecto al escenario base.

En el escenario base el VA alcanza su máximo en el mes 34 (US\$ 3.629) una vez que ya han transcurrido los costos de cría y recría y justo antes de que haya un ingreso por producción láctea, ya que a partir de la etapa “Lactancia 1” el modelo asume en los egresos el pago de las inversiones realizadas necesarias para el ordeño. Luego de alcanzar su máximo el VA va descendiendo sucesivamente y aumenta ligeramente al principio de cada nueva lactancia. Esta tendencia es atribuible a que se van aminorando los egresos de la crianza y las recrías y se aproximan en el tiempo los ingresos por la producción lechera. Luego, a medida que transcurre cada lactancia, el VA decae porque cada vez quedan menos litros futuros a producir en la vida útil del animal. Al inicio de cada nueva lactancia el VA del flujo futuro aumenta en cierto grado debido al adelantamiento de la producción esperada (efecto tiempo, además de los US\$ 61 correspondientes al valor de venta del ternero/a nacido/a), para después seguir cayendo.

En general para esta variable los escenarios de aborto tuvieron tendencias parecidas al escenario base en cuanto a la trayectoria, pero a una menor escala, no alcanzando los valores máximos equivalentes para cada etapa productiva respecto del escenario base. En los escenarios vaquillona aborto temprano y tardío el VA alcanza su máximo recién en los meses 44 y 47, presentando máximos de US\$ 3.169 y 2.942, respectivamente. Por otro lado, si bien en los escenarios de aborto de segunda, tercera y cuarta preñez los valores máximos se alcanzan en el mes 34, están por lo menos US\$ 500 por debajo del máximo VA del escenario base, siendo los escenarios de aborto en la cuarta preñez los más cercanos (Figura 2). Esto tiene sentido, ya que los escenarios de aborto de cuarta preñez son los que más se parecen al escenario base en cuanto a la historia de vida productiva simulada, habiendo oportunidad de compensar a tiempo todos los egresos tempranos históricos en la vida de la hembra.

El escenario base tuvo una TIR de 42,66%. Todos los escenarios de aborto tuvieron una TIR menor, es decir fueron menos rentables que el escenario base, y esto concuerda con las diferencias de VA descritas anteriormente (Figura 3). Estos hallazgos reafirman el efecto global de tan solo un aborto en el desempeño económico y productivo de una hembra.

En relación con el momento de repago, en el escenario base ocurre en el mes 42,9 de edad. En los escenarios de aborto solo hay diferencias en los de primera preñez tanto temprano como tardío, ocurriendo el repago en los meses 56,9 y 62,5 respectivamente (Figura 4). Esto es atribuible a que en el escenario base el repago ocurrió debido a los primeros ingresos por producción láctea en la mitad la etapa Lactancia 1, los que compensaron los gastos históricos de las etapas anteriores y debido a que el aborto no generó crías ni inició lactancias en las vaquillonas, la producción, los ingresos y por lo tanto el repago se postergaron en paralelo a la acumulación de costos de mantención de la hembra improductiva. Por otro lado, el repago en los otros escenarios de aborto no se retrasó debido a que tanto la primera cría como la correspondiente lactancia fueron exitosas, no obstante, las siguientes lactancias sí se vieron afectadas y esto derivó en efectos sobre las otras variables económicas.

Las variables de respuesta productivas fueron la producción láctea vitalicia y la cantidad de crías en la vida productiva (Figuras 5 y 8). En el escenario base se produjeron cuatro crías y cuatro lactancias, aunque la última lactancia solo duró 180 días debido a que la edad al descarte se estipuló en función del promedio de edad el descarte de vacas lecheras de Uruguay. Cada escenario de aborto tuvo una cría y una lactancia menos que el escenario base, y las diferencias entre ellos estuvieron dadas por la lactancia afectada a partir del evento de aborto. Para los escenarios de vaquillonas el aborto ocurrió en la primera preñez, lo que produjo una pérdida de la primera cría y un retraso del inicio de la primera lactancia. Respecto de los escenarios de vacas en segunda preñez, los abortos ocurrieron en la primera lactancia y esta no se vio afectada en su duración ni producción, pero se perdió la segunda cría y se retrasó el inicio de la segunda lactancia. En los escenarios de aborto en la tercera preñez, los abortos ocurrieron en la segunda lactancia, por lo que la primera y segunda lactancias no se vieron afectadas, pero se perdió la tercera cría y se retrasó el inicio de la tercera lactancia. Finalmente, en los escenarios de aborto en la cuarta preñez, los abortos ocurrieron en la tercera lactancia, por lo que la primera, segunda y tercera lactancias no se vieron afectadas, pero se perdieron la cuarta cría y lactancia, aunque esa pérdida productiva fuera menor respecto de las otras (mayormente por la menor duración de la cuarta lactancia al mantenerse fija la edad al descarte).

A partir de los resultados de las variables económicas de respuesta, para las distintas gestaciones en general los escenarios con mayor impacto económico fueron los de vaquillonas, es decir, los abortos de primera preñez. A medida que se avanzó en las paridades el impacto económico fue aminorando. Para una misma gestación, los escenarios con mayor impacto económico fueron los de aborto tardío. Considerando los ocho escenarios simulados el de mayor impacto económico fue

el de aborto tardío en la primera preñez, ya que además de tener la mayor diferencia de VA respecto del escenario base, tuvo el repago más tardío y la TIR más baja (Figuras 3 y 4). La diferencia de las variables económicas se explica por la afectación de las variables productivas como la menor producción vitalicia, la pérdida de crías y el efecto del paso del tiempo en la devaluación de la hembra con la menor cantidad de litros proyectados.

Además de encontrar diferencias en las variables de respuesta para los escenarios de aborto respecto del escenario base, y entre los escenarios de aborto en distintas gestaciones, también hubo diferencias entre los escenarios de aborto para una misma preñez, es decir, diferencias entre abortos clasificados aquí como tempranos y tardíos. Respecto a las pérdidas individuales expresadas como VA la diferencia fue de aproximadamente US\$ 320 de pérdida adicional en los escenarios tardíos tomando en cuenta la primera, segunda y tercera preñez. La excepción a esta tendencia ocurrió en los escenarios de aborto de cuarta preñez, en cuyo caso la diferencia fue de solo aproximadamente US\$ 8. Esta excepción se explicaría en el hecho de que ambos escenarios tienen la misma fecha de descarte establecida (día 2.544) y por lo tanto no se alcanzan a acumular y expresar las pérdidas en la etapa siguiente como ocurre en los otros escenarios, ya que simplemente no existiría tal etapa porque se acaba la vida productiva.

En cada escenario individual de aborto simulado hubo pérdidas económicas y productivas y estos tuvieron diferencias entre sí en la magnitud de las pérdidas. Sin embargo, si se evalúa la posibilidad de mantener o descartar inmediatamente la hembra abortada, hay desenlaces de estos escenarios que aminoran las pérdidas. Esta información podría llegar a ser de utilidad en las decisiones productivas, aunque los resultados económicos de estos escenarios y desenlaces se cumplirían siempre y cuando se mantengan los supuestos utilizados en esta tesis, sobre todo que el modelo considera que cada animal solo aborta una vez durante toda su vida productiva), por lo que esta información debe ser utilizada con cautela. En todos los escenarios de aborto, nuestros resultados indican que la pérdida individual cuando se realiza un descarte es mayor que la pérdida por el aborto cuya hembra se mantiene en el rodeo, aunque la pérdida es todavía mayor en los escenarios de menor paridad (Figura 8). Al realizar una evaluación del resultado relativo de la opción mantener o descartar a la hembra abortada todos los resultados fueron negativos, es decir que en ningún caso el descarte y la venta para faena compensaron la pérdida del valor actual de la hembra, sin embargo, los resultados indican que la pérdida va disminuyendo a medida que aumentan los escenarios según paridad (Figura 9). En particular, para los escenarios de vaca 4<sup>o</sup> preñez las diferencias entre mantener o descartar son mucho menores respecto de los otros escenarios (Figura 8) y al evaluar el resultado relativo de las opciones estos son más cercanos a cero (Figura 9), lo que ameritaría una evaluación más profunda al tomar una decisión de mantener o descartar. En particular con la neosporosis se debería considerar un enfoque epidemiológico que permita comprender las dinámicas poblacionales en la estimación de las pérdidas económicas, como se ha realizado en otros estudios (Häsler et al., 2006a; Liu et al., 2020), ya que las opciones de mantención o descarte de las hembras que abortan afectarían la reducción de los animales

infectados en el tiempo y al mismo tiempo las pérdidas económicas a nivel rodeo nacional. También consideramos recomendable tener en cuenta otros efectos, propios de la neosporosis o de aspectos económicos adicionales a la hora de evaluar los resultados de cada escenario y subescenario desde la perspectiva del productor, como por ejemplo el alto riesgo de un segundo aborto en el caso de las vaquillonas que sufren uno en su primera preñez. Este evento podría revertir la conveniencia de mantener la hembra en el rodeo desde el punto de vista sanitario y posiblemente desde el punto de vista económico, ya que si bien la estimación de pérdidas económicas individuales en una vaquillona que sufre dos abortos por neosporosis consecutivos no es parte de los objetivos de esta tesis, de igual manera hemos estimado esta pérdida en por lo menos US\$ -1.702,32. Respecto de los subescenarios de descarte, a nivel del productor individual, el descartar una hembra implica una reducción del capital productivo de la empresa y en tal caso el productor tendría que considerar el costo de una reposición del vientre. Esa pérdida económica adicional sería capaz de revertir aún más la conveniencia económica de optar por el descarte en la comparación de los subescenarios. El precio promedio para la compra de una hembra preñada en remate es de aproximadamente US\$ 670 en el caso de vacas, mientras que para las vaquillonas este precio asciende a US\$ 717 (Pantalla Uruguay, 2023).

Los escenarios de aborto por neosporosis que se han simulado en esta tesis abordan distintas situaciones de edad, paridad y lactancia. Además, se han hecho distinciones entre una etapa temprana y tardía dentro de una misma gestación, dentro del rango de mayor frecuencia descrito para el aborto por la enfermedad (López-Gatius et al., 2004; Dubey et al., 2011; McAllister, 2016; Lagomarsino et al., 2019). Con respecto a la seroprevalencia de la neosporosis y la edad de las vaquillonas y vacas, está bien documentada la relación directa entre el aumento de edad de las hembras en un rodeo y la mayor seroprevalencia (Jensen et al, 1999; Kashiwazaki et al, 2004; Razmi et al 2006), aunque hay algunos estudios que describen una relación inversa (Waldner et al., 1999; Bartels et al., 2006). En cuanto al aborto en hembras seropositivas, también se ha descrito una tendencia a la relación directa (Mazuz et al., 2014) y algunos resultados controversiales (López-Gatius et al, 2005). En concordancia, el riesgo de aborto suele ser mayor en hembras seropositivas de mayor edad, no así en los rodeos donde la neosporosis se ha descrito como una enfermedad endémica, donde la relación parece ser inversamente proporcional (Thurmond y Hietala, 1997a; Dubey, 2017; Razmi, 2006; Yániz et al., 2010). Este efecto endémico podría tener su explicación en la vía de transmisión predominante en la dinámica epidemiológica de la neosporosis y también relación con las decisiones locales en el manejo de las hembras seropositivas (Thurmond y Hietala 1997a; López-Gatius et al., 2005; Yániz et al., 2010). En particular en los rodeos con una situación de neosporosis endémica los abortos ocurren continuamente en un período de tiempo prolongado que contempla varios meses (Wouda et al., 1999). En estos casos, la vía de transmisión predominante es la vertical.

El patrón epidemiológico de los eventos de aborto en la neosporosis endémica se concentra mayormente en hembras jóvenes con un estado inmunológico susceptible que podría verse

desafiado en condiciones de estrés adicional como lo es la primera preñez y lactancia (Innes et al., 2001; López-Gatius et al 2005). Este efecto se vería incluso más acentuado en el segundo o tercer trimestre de la gestación, ya sea por una inmunodepresión transitoria de linfocitos T o por un balance energético negativo respectivamente (López-Gatius et al. 2005). Hernández et al. (2002) estimaron una proporción de riesgo atribuible de vacas seropositivas que abortaron de 23% y 64% para hembras de primera y segunda lactancia, mientras que los resultados de Thurmond y Hietala (1997a) determinaron una proporción de 86% y 42% para vaquillonas y vacas de primera lactancia. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de López-Gatius et al. (2005) que determinaron una disminución del riesgo de aborto en hembras seropositivas a medida que aumentaba su edad. Además, López-Gatius et al (2004) en un estudio previo concluyeron que la transmisión vertical disminuía según paridades consecutivas, resultados que fueron consistentes con los trabajos de McAllister et al. (2000) y Dijkstra et al. (2003). En estos estudios se atribuyeron los resultados a un aumento de la inmunidad hacia la transmisión vertical por la continua exposición al parásito en condiciones endémicas y a medidas de manejo como el descarte anticipado de hembras añosas que abortan. La distribución de los escenarios de aborto para simular el rodeo nacional podría basarse en la relación entre la edad, paridad y lactancias que han sido descritas en lugares con un estatus endémico de la enfermedad. La seroprevalencia de la neosporosis en Uruguay se ha mantenido en niveles similarmente altos durante décadas (Bañales et al., 2006; Piaggio 2006; Macchi et al., 2020). El uso de terneras propias de reposición reforzaría el mantenimiento de una situación endémica de la enfermedad. Sin embargo, hay que considerar que dado que la eficiencia de transmisión vertical no es del 100%, si no existiese transmisión horizontal la enfermedad se autolimitaría, por lo que ambas formas de transmisión contribuyen importantemente al mantenimiento de una alta seroprevalencia en rodeos del país. En el caso de Uruguay, aunque podría considerarse que la enfermedad tiene una situación endémica, la falta de datos locales respecto de la distribución de abortos atribuibles específicamente a la neosporosis considerando lactancia, paridad y edad nos hizo tomar una posición conservadora respecto de esta distribución. En esta tesis se asumió una distribución igual sobre el total de abortos para los escenarios en vaquillonas, vacas de primera, segunda y tercera lactancia, respectivamente.

Los efectos del aborto en términos productivos, reproductivos y económicos ya han sido descritos a través de distintas metodologías. Los estudios han tenido enfoques diversos al considerar el aborto como un síndrome (independientemente de la causa) o como una enfermedad particular cuyo signo principal en bovinos es el aborto.

En el caso del aborto como un síndrome, los costos productivos se ven proporcionalmente aumentados por las siguientes situaciones descritas por distintos autores: 1) descarte anticipado de la vaca, 2) un número mayor de días improductivos con el correspondiente incremento en los gastos de mantención, 3) un retraso de las lactancias posteriores o pérdida de una lactancia completa, 4) la afectación de la lactancia en la que ocurre el aborto o el comienzo prematuro de

una nueva, en ambos casos no expresando todo el potencial productivo (Bartels et al. 2006; Gädicke et al., 2010; El-Tarabany et al., 2015; Albuja et al., 2019; Keshavarzi et al., 2020).

En cuanto al descarte anticipado y el aborto se ha establecido una relación directa. Keshavarzi et al. (2020) estimaron un aumento del riesgo de descarte por problemas generales de salud o por problemas reproductivos en 1,88 y 2,41 veces con respecto a las vacas que no abortaron. Estos hallazgos fueron consistentes con lo planteado por Bartels et al. (2006) quienes determinaron que la probabilidad de descarte aumentó 1,19 veces para las vacas que abortaron. A pesar de los resultados mostrados por estos estudios, el efecto del aborto (como síndrome) en el descarte anticipado no se ha expresado en términos económicos.

Sobre el descarte y seropositividad de la neosporosis, se ha estimado que las hembras seropositivas tienen una probabilidad 1,6 veces mayor de ser descartadas en comparación con las seronegativas durante los siguientes tres años de ocurrido el aborto (Thurmond y Hietala, 1996). Con base en este resultado, los trabajos de Chi et al. (2002), Häsler et al. (2006a) y Liu et al. (2020) representaron el impacto económico del descarte anticipado por neosporosis a nivel de rodeo como una tasa de descarte adicional para las hembras seropositivas de un 2% de hembras anualmente. Si bien esta metodología se ha extendido a lo largo de los años, no toma en cuenta el aborto como una variable que tributa directamente al descarte.

Respecto del aborto en hembras seropositivas y el descarte anticipado, el estudio de Thurmond y Hietala (1996) determinó que las hembras seropositivas que abortaron tienen un riesgo 3 veces mayor de ser descartadas. En nuestro estudio hemos incluido el efecto económico del descarte anticipado por aborto en las hembras seropositivas a neosporosis y para ello hemos considerado el resultado del estudio realizado por Thurmond y Hietala (1996). Este estudio determinó que del total de hembras seropositivas que sufrieron abortos, un 8% tuvo un descarte anticipado. En esta tesis se tomó en cuenta ese valor para las hembras seropositivas que fueron descartadas por abortos, para el 92% restante se asumió que se mantuvieron en el rodeo hasta finalizar su vida útil.

El impacto económico del descarte, como pérdida económica, ha sido abordado como el costo del reemplazo menos el valor de venta para faena (Chi et al., 2002; Häsler et al., 2006a; Moore et al., 2013; Liu et al., 2020). No obstante estas estimaciones podrían estar minimizadas ya que no se ha considerado la pérdida de la hembra como un valor actualizado al que se resigna considerando la etapa y producción futura, y que se ve atenuado por el valor de venta para descarte y faena. Nuestros resultados en cuanto a la pérdida económica por descarte por aborto por neosporosis en general son mayores a las estimaciones de estos autores debido a estas consideraciones. Aun cuando se realiza una estimación a nivel del rodeo nacional el descarte no funcionaría como un atenuante en las pérdidas totales para el país, ya que no existe una reposición real de la hembra, sino en el mejor de los casos un recambio desde un tambo a otro y al igual que con el aborto, los efectos indirectos en la integridad y sostenibilidad del ganado uruguayo no se han estimado.

En cuanto a las pérdidas por el descarte luego de un aborto independientemente de su causa, los resultados en esta tesis son mucho mayores que los debidos a la neosporosis dada la cantidad mayor de hembras en riesgo, la tasa de descarte y proporción de descartadas por aborto descritas en Uruguay.

Con respecto a la disminución de la producción láctea, se ha descrito una reducción en 608, 987, 2.978 kg para un aborto en el primer, segundo o tercer trimestre de preñez (Albuja et al., 2019). Keshavarzi et al. (2020) estimaron una disminución de producción láctea en las vacas que sufrieron por lo menos un evento de aborto durante su vida útil con respecto a las que no. En ese estudio se identificaron las hembras que iniciaban y las que no iniciaban una nueva lactancia luego del aborto. El primer grupo sufrió de aborto después del día 260 de preñez, mientras que el segundo grupo sufrió de aborto antes del día 260. En cuanto a la producción de volumen, grasa y proteína el primer grupo se vio mayormente afectado con una disminución de 2.173,5, 53,7 y 46,2 kg respectivamente. El segundo grupo también se vio afectado por el evento de aborto, con una disminución de 893,6, 26,3 y 15,0 kg. En ese estudio, solo el 1,9% de las hembras que abortaron inició una nueva lactancia y la disminución productiva en estos casos se vinculó al subdesarrollo mamario y a la lactancia prematura, ya que la hembra se encontraría con una cantidad de células secretoras disminuida desde el pico de la última lactancia en curso (Capuco et al., 1997; Wilde y Knight, 1998). Además, el desarrollo de las glándulas durante los períodos de secado es mayor, especialmente durante los últimos 35 días antes del parto (Capuco et al., 1997). Por último, El-Tarabany et al. (2015) determinaron una reducción de la producción láctea en 950 y 1.330 kg para las hembras que sufrieron aborto o mortinato. Tanto el estudio de Albuja et al (2019), Keshavarzi et al (2020) y El-Tarabany et al. (2015) expresaron la reducción de la producción láctea en términos de kilogramos equivalentes a litros producidos.

En nuestro estudio no se consideró en la simulación el inicio de una nueva lactancia por el evento de aborto, ya que hasta el momento estos casos se han descrito para el aborto que ocurre desde el día 260 en adelante (Keshavarzi et al., 2020). Tampoco se simularon reducciones en la producción por lactancia salvo en la última (debido a mantener constante la vida útil). El aborto ha sido definido como la expulsión de un feto muerto entre el día 42-45 y el final de la gestación (Peter et al., 2000). En este estudio, los abortos tempranos y tardíos se simularon para los días 135 y 225 de preñez respectivamente, en un intento de representar la neosporosis como enfermedad cuyos abortos ocurren más frecuentemente entre el tercer y séptimo mes de gestación aproximadamente, siendo más frecuente en el quinto mes de gestación (López Gatiús et al., 2004; Dubey et al., 2011; McAllister, 2016; Lagomarsino et al., 2019).

Aunque haya sido descrito como marginal en términos de frecuencia relativa (Keshavarzi et al., 2020), el aborto (o mortinato) que genera una nueva lactancia tiene efectos significativos en la producción láctea y es posible que llegue a tener un efecto inesperado si ocurriera en vaquillonas, ya que estas podrían iniciar una lactancia prematura respecto del escenario base. En teoría, un

adelanto de la primera lactancia daría como resultado una mayor producción vitalicia compensando las pérdidas por la cría abortada, siempre y cuando esta lactancia iniciada posterior al aborto sea de igual duración y producción que una iniciada por un parto normal. En el estudio de Gädicke et al. (2010) uno de los escenarios de aborto simulados generó ganancias (en vez de pérdidas económicas), pero no se identificó qué factores estuvieron específicamente involucrados en este resultado. Este efecto presupone que la lactancia generada luego de un aborto (o mortinato) tuvo igual o mayor duración y/o igual o mayor producción de leche diaria que una lactancia generada de una gestación que culmina en un parto normal. Los efectos reales de un escenario de vaquillona que aborta tardíamente y tiene una lactancia prematura no han sido documentados académicamente, aunque en un tambo de alta producción en Lincoln, Buenos Aires (Argentina) hay registro de 31 vaquillonas que abortaron al día 238 de gestación e iniciaron su primera lactancia. Para la primera lactancia, la producción láctea fue un 60% menor que las vaquillonas del mismo predio con partos normales (Pablo Khalloub, veterinario asesor del predio, comunicación personal 2022). Esta menor producción en la lactancia prematura podría responder a los mismos principios de subdesarrollo mamario descritos en el estudio de Capuco et al. (1997) y Keshavarzi et al. (2020).

Bennett et al. (1999) estimaron los efectos productivos en términos relativos del síndrome de aborto en vacas lecheras, como la reducción en la producción más el valor del ternero perdido. Se determinó un 28% de pérdida en producción láctea solo por aborto. Chi et al. (2002) realizaron una estimación del impacto económico de estos efectos directos en la diarrea viral bovina, paratuberculosis, leptospirosis y neosporosis. En ese estudio se usó la pérdida del 28% en la producción de leche debido solamente al aborto de Bennett et al. (1999), por lo que adicionalmente se incluyeron pérdidas de producción láctea por los efectos fisiopatológicos de la propia infección. El-Tarabany et al. (2015) estimaron una reducción del 14,5% en la producción láctea producto de un mortinato (aborto desde el día 260).

En particular, los efectos directos (sin mediar el aborto) de la neosporosis sobre la producción láctea son controversiales. En dos estudios realizados en los Estados Unidos, se determinó que la infección está asociada con una disminución en la producción de leche. Cada vaca seropositiva para *N. caninum* produjo 1,1 a 1,3 kg/día menos de leche que las seronegativas (Thurmond y Hietala 1997b; Hernández et al., 2001), aunque en estos trabajos no hay registro de eventos de aborto. Con base en esos resultados, esa disminución también se ha expresado en términos relativos como un 3,5 a 4% menos (Hernández et al., 2001; Häsler et al., 2006a). En contraste, Pfeiffer et al. (2002) estimaron que la exposición al patógeno tuvo un efecto positivo en la producción de leche, ya que cada vaca seropositiva a *N. caninum* producía 0,4 kg/día más de leche que una seronegativa, este hallazgo fue atribuido a que el productor seguía manteniendo en el rodeo a las vacas de alta producción a pesar de ser seropositivas y haber abortado. También es posible que vacas mayores de alta producción y seropositivas tengan menos probabilidades de abortar debido a una respuesta inmune más efectiva por la exposición. Un ejemplo de esto es la



significativamente menor transmisión vertical en vacas de mayor edad (McAllister, 2016). Hobson et al. (2002) no encontró diferencias significativas para la producción láctea respecto del serostatus.

En nuestro estudio las pérdidas de producción láctea se asociaron a la lactancia perdida por el retraso de las etapas sucesivas al aborto y no a un efecto fisiopatológico directo del parásito sin mediar el aborto. Es decir, las pérdidas productivas estuvieron dadas por la interrupción de la gestación (aborto) y no por la infección. Aún con este enfoque conservador, la disminución de la producción vitalicia en los escenarios individuales de aborto descritos en nuestro estudio osciló entre los 3.744 y 6.810 L, y las pérdidas productivas de leche a nivel nacional acumuladas hasta el 2025 por los abortos ocurridos en 2018 resultó en 61.637.560 L.

Si bien no es un objetivo de este estudio estimar las pérdidas económicas para el sector lechero industrial (secundario), la pérdida física de 62 millones de L que se dejan de industrializar presupone una pérdida económica mayor que la estimada para el sector primario, como se detalla a continuación. Por ejemplo, en el anuario estadístico agropecuario de DIEA-MGAP (2022) se puede observar la cantidad de millones de L de leche equivalente que se destinaron al mercado interno y a las exportaciones de distintos productos lácteos (leches fluidas, leche en polvo, quesos, y varios -yogures, helados, dulce de leche, flanes y postres-) en 2021. La sumatoria de todos los productos da un total de 2.326,7 millones de L equivalentes que se industrializaron, de los cuales 720,2 millones de L equivalentes (31%) se destinaron a mercado interno y 1.606 millones de L equivalentes (69%) a exportación. Asumiendo que de industrializarse 62 millones de L más, estos serían destinados a productos exportables (el mercado interno se encuentra abastecido con un consumo interno alto que se mantuvo en el orden de los 230-280 L equivalentes por persona desde el año 2009), se puede estimar groseramente una pérdida económica por productos no exportados. Según OPYPA-MGAP (2021), en el año 2021 la industria recibió US\$ 0,55 por L equivalente en promedio, y de ese monto le pagó al productor el 62% (0,341 US\$/litro). Si consideramos la facturación de lo exportado (1.660 millones de L equivalentes x US\$ 0,55/L), esto representaría US\$ 913 millones de exportación (62% de lo cual -US\$ 566 millones- fue a mano de los productores). La diferencia del total exportado y lo que recibieron los productores (US\$ 347 millones) representa el ingreso de la industria por ese volumen de leche exportada ya habiendo restado el precio que la industria pagó a los productores por la leche. Así, si la industria recibió ingresos por US\$ 347 millones por 1.660 millones de L de leche equivalente exportada, entonces por 62 millones de L de leche adicionales que se hubieran exportado dejó de percibir aproximadamente US\$ 13 millones (habiendo ya restado a este valor el costo de la compra de la leche a los productores, pero no otros costos de industrialización).

Con respecto a las variables reproductivas, el desempeño reproductivo posterior al aborto sí se ha visto afectado por este suceso. Los estudios de Kaneene y Miller (1995) y Salasel et al. (2010) determinaron una correlación entre el aborto independientemente de la causa y la endometritis subclínica. Keshavarzi et al. (2020) determinaron una disminución del desempeño reproductivo en las hembras que abortaron y que no iniciaron una nueva lactancia, esto a partir de un aumento del

número de inseminaciones por lactancia (aproximadamente 2 inseminaciones adicionales) y un aumento promedio de 132 días en los días abiertos. Estos resultados fueron consistentes con el estudio de El-Tarabany et al. (2015). En contraste, para el grupo de hembras con abortos que iniciaron una nueva lactancia, los resultados fueron de un aumento del desempeño reproductivo, lo que fue atribuido a las decisiones de administración del rodeo, que promovían un aumento del número de hembras con mayores tasas de concepción. En el estudio de El-Tarabany et al. (2015), las vacas que tuvieron mortinatos o abortos tuvieron un aumento del intervalo interparto en 94 y 46 días junto con un aumento de los días abiertos en 49 y 2 días. En nuestro estudio, el aumento del intervalo parto-concepción en los escenarios de aborto simulados se expresó mediante el aumento del promedio de intervalo entre partos, donde hubo una diferencia de 60,92 días adicionales.

Finalmente, en cuanto a las pérdidas económicas para una hembra que aborta se han descrito varios resultados a nivel individual. En Estados Unidos, Thurmond y Picanso (1990) estimaron las pérdidas económicas por aborto en US\$ 640. Dos años después, las estimaciones de Peter et al. (2000) alcanzaron los US\$ 600 a 1000. En el año 2003, la estimación de Eicker y Fetrow alcanzó los US\$ 700 (rango de 600 a 800) (Eicker y Fetrow., 2003; citado de Gädicke et al., 2010). DeVries (2006) estimó las pérdidas en US\$ 555 (rango 420 a 674) a partir de la estimación del costo de lograr una preñez. En México, Albuja et al. (2019) determinaron las pérdidas por aborto en 5.252, 9.674 y 21.948 pesos mexicanos para un aborto entre el día 45 y 90, 91 y 180 y sobre el día 180 respectivamente; actualmente estos valores equivalen a US\$ 257,03, 473,45 y 1.075,90. Otra estimación, con un resultado significativamente diferente fue la de Kirk (2003) que estimó las pérdidas individuales por aborto en US\$ 90 a 225 en Estados Unidos (Gädicke et al., 2010). También Gädicke et al. (2010), en Chile, hicieron una estimación de pérdidas individuales por aborto con un valor menor respecto a los otros y similar al de Kirk (2003), el resultado fue de US\$ 143 de pérdida por aborto. Ese estudio realizado en Chile incluso arrojó un valor en dónde las pérdidas eran negativas, es decir, bajo ciertas indeterminadas condiciones (por la naturaleza estocástica del modelo) en uno de los escenarios de aborto simulados se generaba una ganancia de US\$ 57,40. Todos estos trabajos tienen en común que consideraron al aborto como un síndrome independientemente de la causa. No obstante, sus metodologías, contextos y algunos de los supuestos que utilizaron para las estimaciones fueron diversas. Esto podría explicar en parte la heterogeneidad de los resultados. Es importante resaltar que ninguno de los estudios descritos anteriormente considera el descarte como una consecuencia del aborto que debe ser incluida en las estimaciones.

Sobre las pérdidas económicas debidas al síndrome de aborto a nivel de rodeo, los resultados varían en los distintos estudios. Hay estudios que en primer lugar realizan una estimación individual y luego simulan las pérdidas económicas al representar un rodeo. Además, los rodeos descritos en los distintos estudios van desde algunas decenas de cabezas a un rodeo que representa la totalidad de cabezas de ganado de un país. Para la región de la pampa húmeda de Argentina, provincia de

Buenos Aires, las pérdidas anuales estimadas por abortos independientemente de su causa ascienden a US\$ 17.298.498, considerando 538.076 cabezas en riesgo de aborto, siendo estas hembras de producción lechera y las pérdidas económicas para el sector primario (Cantón et al., 2022).

A nivel individual los estudios no son muchos. Pfeifer et al. (1997) estimaron que el impacto económico de un aborto por neosporosis era de NZ\$ 975, mientras que Reichel et al. (2006) estimaron el impacto en NZ\$ 900; actualmente estos valores equivalen a US\$ 600 y 560 respectivamente. En Argentina, la pérdida por aborto fue un poco mayor y se estimó en US\$ 1.415 (Moore et al., 2014). Los resultados de los dos primeros estudios son consistentes con el promedio de los escenarios de aborto de nuestro estudio (US\$ 860), mientras que el estimado por el estudio en Argentina se diferencia en aproximadamente US\$ 250 del mayor valor establecido por este trabajo (US\$ 1.162). Es posible que las similitudes de resultados se hayan visto favorecidas por la semejanza entre los sistemas productivos pastoriles de Nueva Zelanda, Argentina y Uruguay. Por otro lado, en un estudio realizado por Liu et al. (2020) en China, las pérdidas individuales por aborto por neosporosis fueron de US\$ 524 a 2.337.

En relación con la pérdida económica directa anual por la neosporosis a nivel de rodeo, hay varios resultados. En Nueva Zelanda, a nivel de rodeo la pérdida fue de 8,9 millones de dólares neozelandeses anuales con 900.000 animales con riesgo de aborto por neosporosis (Pfeifer et al., 1997; citado de Häslér et al., 2006a). En Suiza, Häslér et al. (2006a) estimaron esta pérdida en 9,7 millones de euros en un rodeo de 1.024.285 animales en riesgo de aborto. En Holanda, 19 millones de euros anuales en un rodeo de 1.500.000 animales susceptibles (Häslér et al., 2006a). En la región de la pampa húmeda de Argentina, provincia de Buenos Aires, las pérdidas anuales por aborto por neosporosis para el ganado de producción láctea se estimaron en US\$ 33.097.221 tomando en cuenta 23.382 abortos (Moore et al., 2014). En un estudio más reciente para la región de la pampa húmeda de Argentina, provincia de Buenos Aires, las pérdidas anuales por aborto solo por neosporosis para el ganado de producción láctea ascendieron a US\$ 10.537.465 tomando en cuenta 7.447 abortos (Cantón et al., 2022). En un estudio que consideró un rodeo de solo 50 animales, Chi et al. (2002) estimaron el impacto económico anual de la neosporosis en US\$ 2.304 en Canadá. Reichel et al. (2013) estimaron las pérdidas económicas anuales por neosporosis en ganado lechero y cárnico para el sector primario. En ese estudio, se estimaron las pérdidas a nivel de rodeo nacional en diez países considerando las hembras en riesgo de aborto por neosporosis según las referencias bibliográficas disponibles de cada país. En cuanto al ganado lechero y cárnico, las pérdidas respectivas en millones de US\$ anuales fueron de entre 38,5 y 48,9 en Argentina, 26,6 y 74,1 en Australia, 51,3 y 101 en Brasil, 17,1 y 14,3 en Canadá, 68,5 y 94,8 en México, 12,1 en Holanda (solo ganado lechero), 35,7 y 1,1 en Nueva Zelanda, 19,8 y 9,8 en España, 27 en Reino Unido (solo ganado lechero), y 546,3 y 111,4 en Estados Unidos. Respecto a las pérdidas totales para el sector lechero y cárnico primario fueron de US\$ 842 y 455,4 millones, respectivamente. En conjunto, las pérdidas sumaron US\$ 1.298 millones anuales. Este es el primer estudio en

Uruguay de estimación de pérdidas económicas por aborto y por neosporosis, y los resultados presentados en este estudio para el impacto económico anual están en concordancia con la mayoría de los resultados a nivel individual y de rodeo, especialmente con los resultados presentados en Nueva Zelanda y Argentina, países con sistemas productivos con algunas similitudes, como la base pastoril.

El objetivo de esta tesis fue estimar pérdidas económicas directas anuales para el sector lechero primario debido a abortos por neosporosis ocurridos en el rodeo lechero nacional. Para esto ajustamos y utilizamos un modelo bioeconómico, determinístico y dinámico individual, simulando abortos en el segundo y tercer trimestre de gestación en condiciones representativas de neosporosis y considerando el valor actualizado de la producción futura que se deja de obtener por el aborto menos los costos de producción que se evitan (lucro cesante). El modelo se ejecutó representando una amplia cobertura de variables temporales, nutricionales, productivas, reproductivas y económicas de toda la vida útil de una vaca promedio en Uruguay. Sin embargo, consideramos que no estuvo exento de limitaciones y tenemos elementos para saber que los resultados de pérdidas en este estudio son una subestimación que determina una magnitud basal para las pérdidas económicas por neosporosis a nivel nacional, es decir, la mínima.

A continuación, se plantean las limitaciones que hemos identificado en este modelo, que a su vez representan oportunidades para mejorar su precisión en posteriores investigaciones. En primer lugar, una de las más claras limitaciones es que el modelo utilizado solo abarca al ganado lechero, además nuestro modelo de enfoque determinístico es descriptivo y si bien las operaciones que determinan sus resultados están bien fundamentadas, los resultados carecen de sustento probabilístico en cuanto a que no asumen una fracción de incertidumbre a partir de la construcción de intervalos de confianza. En cuanto al aborto simulado, éste se determinó como el principal signo clínico; sin embargo, nuestro modelo individual asume la ocurrencia de un solo evento de aborto durante toda la vida útil de una hembra, y tampoco hemos incorporado el impacto económico de los mortinatos ni de la mortalidad perinatal atribuible al agente. Sobre los efectos reproductivos del aborto, asumimos que el siguiente intervalo parto concepción duraría lo mismo que en lo descrito para la vaca promedio de MU, lo que no representa la variabilidad de las decisiones reproductivas por parte de los productores en Uruguay al enfrentarse a un caso de aborto. Mas allá, sobre a la dinámica epidemiológica y sus efectos económicos, no hemos considerado la magnitud de la transmisión vertical en la diseminación entre generaciones al simular, ya que el modelo asumió que cada cría es vendida inmediatamente. Tampoco hemos incluido el impacto de la disminución del valor de cría y la subsecuente pérdida del mérito genético de la hembra que abortó y fue removida del rebaño y por último, no hemos incorporado en la evaluación económica del descarte la dinámica epidemiológica de la neosporosis en su transmisión vertical y cómo se afectarían las pérdidas a nivel del rodeo nacional a lo largo del tiempo, manteniendo o descartando a las hembras que abortan. En cuanto a la producción láctea, hemos tomado una posición conservadora no incorporado el posible efecto directo de la neosporosis en la disminución de la

producción láctea, por considerarlo controversial. Tampoco hemos considerado gastos adicionales por revisiones clínicas, tratamientos medicamentosos y preventivos, asistencia veterinaria, muestreos, diagnóstico y análisis laboratoriales devenidos de los abortos en general ni por neosporosis, así como ningún otro tipo de pérdida indirecta.

En cuanto a los resultados del impacto económico del aborto como un síndrome, hemos asumido que este tiene una distribución de escenarios similar a los de la neosporosis (en este caso establecida como uniforme), no necesariamente siendo así, aunque esto lo hemos determinado en gran medida debido a que la neosporosis ha sido descrita como la mayor causa conocida (de las que llegan a ser diagnosticadas) de aborto parasitario/infeccioso en Uruguay. Sobre el descarte anticipado por abortos en las hembras seropositivas a *N. caninum* hemos determinado una proporción de descartes con base en datos que no necesariamente representan a Uruguay (Thurmond y Hietala 1996). Incluso en cuanto al descarte y el aborto sin causa conocida, no atribuimos una distribución respecto de los desenlaces de mantenimiento o descarte luego del aborto, y aunque la determinación de esta distribución sea muy difícil dada la cantidad de causas posibles que tributan al síndrome, la falta de esta distribución solo permite representaciones económicas bajo supuestos que pudiesen ser poco representativos de la realidad local.

Sobre los resultados económicos no hemos desagregado el impacto de cada una de las diferencias descritas en las variables temporales, productivas y reproductivas producto de los efectos disruptivos del aborto. En varios de nuestros datos de entrada hemos tenido que acudir a la opinión de expertos de distintas áreas, en particular debido a la poca disponibilidad de artículos científicos o estadísticas con datos locales respecto de la caracterización de las hembras que abortan, eficiencia reproductiva y producción láctea post aborto en Uruguay. Finalmente, nuestras estimaciones se han enfocado en las pérdidas económicas para el sector primario, lo que implica que no hemos cuantificado con precisión las pérdidas económicas a partir del lucro cesante de los litros de leche no remitidos/procesados por el sector secundario de la industria láctea (productos procesados que en muchos casos tributan al rubro de exportaciones lecheras en el país), ni hemos estimado las pérdidas del valor agregado de los productos o servicios que ofrece el sector terciario.

A pesar de todas las limitaciones descritas anteriormente en la elaboración de este trabajo, los resultados presentados por este estudio en Uruguay son una aproximación para apoyar la toma de decisiones interinstitucionales públicas y privadas en un entorno regional multicriterio, que actualmente demanda una forma comprensible y oportuna de abordar la economía en salud animal (Rojas y Romero, 2017).

## 9 CONCLUSIÓN

A partir de la modelación y simulación en Excel® fue posible representar toda la vida productiva de una hembra bovina lechera promedio sin aborto y con abortos en Uruguay, al determinar las distintas variables temporales, productivas, reproductivas, sanitarias y económicas implicadas en cada etapa. Se determinaron diferencias entre las distintas variables de los escenarios y se encontraron diferencias en los resultados económicos con respecto al escenario sin aborto y además entre los distintos escenarios de aborto, para cada preñez y en una misma preñez para el aborto temprano y tardío. Desde el punto de vista económico y productivo, el peor escenario simulado fue el de aborto tardío en la primera preñez. Además, a partir de cada escenario de aborto hubo una decisión óptima en cuanto a seguir manteniendo la hembra en el rodeo o descartarla bajo los supuestos determinados en este estudio. Las pérdidas económicas sumadas por los abortos por neosporosis ocurridos en el 2018 para el sector lechero primario resultaron en US\$ 11.865.995. Considerando las opciones de mantenimiento de la hembra en el rodeo o el inmediato descarte después del aborto las pérdidas alcanzaron los US\$ 9.997.519 y 1.868.476 respectivamente. En todos los casos, bajo el supuesto de la ocurrencia de un solo aborto en la vida productiva de la hembra. Para el aborto independientemente de su causa, los resultados de pérdidas económicas oscilaron entre los US\$ 31.710.600 y US\$ 47.565.900 y teniendo en cuenta el impacto en la producción primaria de leche, sin considerar la posible merma en la producción industrial de lácteos (sector secundario) o servicios relacionados (sector terciario). En cuanto a las pérdidas por descartes atribuibles al aborto independientemente de su causa, las pérdidas alcanzaron los US\$ 17.599.266. Además de las pérdidas económicas para el sector primario, en términos físicos el estudio permitió estimar que las plantas industrializadoras de lácteos de Uruguay recibieron aproximadamente 62 millones de L de leche menos por abortos por neosporosis ocurridos en el año 2018. Si bien no es un objetivo de esta tesis estimar las pérdidas económicas del sector secundario, esta pérdida física presupone pérdidas económicas adicionales del orden millones de dólares, que muy probablemente sean superiores a las pérdidas estimadas para el sector primario, si consideramos los montos de facturación de productos lácteos que Uruguay exporta anualmente y los precios de la leche que reciben los productores (sector primario) por este producto. Las características del sistema productivo lechero y el contexto económico de Uruguay requieren un abordaje propio en la estimación del impacto económico de la neosporosis y la actual disponibilidad de datos locales es una oportunidad para mejorar la precisión de estas estimaciones. Estudios adicionales son necesarios para estimar las pérdidas económicas por neosporosis para el sector industrial lechero, el sector primario de cría, el sector industrial carnicero, y el sector terciario en general, para dimensionar la carga económica total de esta enfermedad en Uruguay.

## 10 ANEXOS

### 10.1 Anexo 1. Datos de entrada genéricos y por etapas productivas

#### Datos de entrada genéricos para escenario base y de aborto

Mano de obra: 14.955 US\$/año (INALE, 2014). Este valor se obtuvo a partir de una jornada laboral promedio de 8 horas y 280 días laborables por año. Esto determina un total de 2240 horas laborables por año.

Concentrados: en todas las etapas se considera que el concentrado posee 85% de materia seca (MS). El precio del concentrado tal cual y su costo por kg de MS en cada etapa es el siguiente (PROLESA):

Crianza: 360 US\$/Ton – 0,4235 US\$/kg MS.

Recría 1: 340 US\$/Ton – 0,4 US\$/kg MS.

Recrías 2 y 3, Lactancias y Vaca Seca: 280 US\$/Ton – 0,3294 US\$/kg MS.

Heno: en todas las etapas se establece un costo del fardo redondo de 12,2 US\$, con 360 kg MS/fardo (es decir, 0,0339 US\$/kg MS) (PROLESA; INALE; consultores expertos). Este costo solo considera la confección (uso de maquinaria), el costo del forraje se incluye dentro del costo de la pastura.

Praderas permanentes: las pasturas asignadas a las distintas etapas de recría, lactancia o vaca seca tienen un costo de implantación de 350 US\$/ha y una vida útil estimada en 2 años con una producción anual disponible al consumo de 4291 kg MS/ha. Costo/kg MS =  $350/2/4291 = 0,041$  US\$/kg MS (PROLESA; INALE; consultores expertos, citado de Caffarena 2021).

Valor leche cruda: 0,30 US\$/litro (INALE).

Valor de venta de la ternera (hembra): 100 US\$/cabeza (consultores expertos, casa de remates).

Valor de venta del ternero (macho): 22 US\$/cabeza (consultores expertos).

Valor de venta de la vaca de descarte: 600 US\$/cabeza (consultores expertos, casa de remates).

Precios de insumos, de servicios de sanidad y costos reproductivos: se detallan en cada etapa.

Inversiones: se asumen que son realizadas al inicio de la etapa en la cual son requeridas. Al finalizar la vida útil del animal se imputa como ingreso el valor residual que en ese momento

tendrían los bienes existentes (durables o de uso). En cada etapa se especifican los parámetros considerados para el flujo de fondos.

El cálculo del valor residual activo (VRA) de los bienes de uso se rige según la siguiente ecuación:

$$VRA = (VN - VRP) \cdot \frac{\text{duración futura}}{\text{vida útil}} + VRP$$

Donde VN es el valor a nuevo del bien y VRP el Valor Residual Pasivo.

#### Datos de entrada por etapas productivas de escenario base

##### *Crianza*

La duración de esta etapa fue de 73 días. Comenzó el día 1 y terminó el día 73. La ternera pasa de 37 a 74 kilos con un aumento diario de peso vivo (ADPV) de 0,507 kg. Los valores de aumento de peso vivo diario representan los pesos de una ternera Holstein en un sistema de alimentación convencional. En concordancia con los objetivos de esta tesis, se asumió que la mortalidad en la crianza y en las siguientes etapas era nula (0%).

Sobre los costos incurridos en esta etapa, corresponden a costos de mano de obra, calentamiento de sustituto o leche, alimentación y sanitarios. Estos se detallan a continuación.

En primer lugar, en cuanto a los costos de personal (mano de obra) se asumió la generación de cinco cohortes de terneras por año, es decir una generación cada 75 días aproximadamente. También se asumió que cada cohorte produciría 69,6 terneras y estas estarían siendo atendidas por una persona, con base en los datos de INALE (2014). Lo anteriormente descrito equivale a 6,44 horas/cabeza/año, esto también significó que una persona atendería 348 terneras al año. La siguiente ecuación representa el cálculo de costos por mano de obra, cuyo valor se determinó en 43,0 US\$/cabeza.

$$\frac{\text{Salario anual}}{\left(\frac{\text{Cohorte}}{\text{año}} \times \frac{\text{Animales}}{\text{Cohorte}}\right)} = \frac{\text{US\$ } 14955}{5 \times 69.6} = 43,0 \text{ US\$/cabeza}$$

El costo del calentamiento del sustituto lácteo o leche suministrado se estableció en 0,015 US\$/L (adaptado a partir de los datos de Berra y Osacar, 2012, citado de Caffarena 2021). Corresponde al consumo de energía necesario para calentar un litro de leche no comercial o sustituto lácteo de 25 a 40°C. Este costo se ponderó por 0,43, ya que solo el 43,1% de los establecimientos en Uruguay calientan el sustituto lácteo o leche (Schild, 2017). En cuanto al volumen total de sustituto por cabeza este fue de 281,3 litros de formulado. Considerando los datos anteriores, al multiplicar el costo de calentamiento por la proporción de establecimientos que calientan el suministro y por el



volumen de consumo total por cabeza, el costo de calentamiento de suministro alcanzó los 1,82 US\$ por cabeza ( $0,015 \text{ US\$} \times 0,431 \times 281,3 \text{ L}$ ).

Sobre los costos de alimentación, estos derivaron de los detalles de la administración dietaria, la cual tuvo una fase líquida y una fase sólida. La fase líquida duró 66 días, suministrándose 4,5 L/día en los primeros 59 días y 2,25 L/día en los últimos 7 días (Schild, 2017). Con esto en consideración, el promedio ponderado alcanzó los 4,261 litros diarios o 281,25 litros en toda la etapa de crianza. La fase sólida contempló el alimento iniciador (concentrado) y heno. El concentrado se suministró a una razón de 0,6 kg MS/día durante toda la etapa. Sobre el precio del concentrado, correspondió a 0,4235 US\$/kg MS (PROLESA, citado de Caffarena 2021). Este precio se multiplicó por MS y por los 73 días, generando un costo de 18,55 US\$ por cabeza ( $0,6 \times 73 \text{ días} \times 0,4235 \text{ US\$}$ ). El heno se suministró a una razón de 0,05 kg de MS por día durante toda la etapa. Un fardo redondo de heno contiene 360 kg de MS, lo que significó 0,01 fardos por cabeza para toda la etapa ( $0,05 \times 73 \text{ días} / 360 \text{ kg MS}$ ). Considerando un costo de 12,2 US\$ por fardo redondo, el costo de la alimentación con heno se determinó en 0,12 US\$/cabeza en toda la etapa.

Los costos sanitarios para esta etapa correspondieron a los derivados de la desinfección del ombligo y honorarios veterinarios. La desinfección umbilical se determinó en 0,2 US\$ por tratamiento (1 L de tintura de yodo al 7% = US\$ 39,48; dosis por animal = 5 ml; US\$ por dosis = 0,2). Los honorarios veterinarios asumieron 12 medias jornadas al año con una media de atención de 454 terneros. El costo de la media jornada fue de US\$ 194,59, así que el costo total por las 12 jornadas ascendió a US\$ 2.335,09 y el costo de honorario por cabeza se calculó en US\$ 5,14. Estos costos en su conjunto se consideraron sanidad preventiva. En cuanto a los costos derivados de la aparición de alguna una enfermedad solo se contempló el síndrome de diarrea neonatal con base en lo descrito por Schild et al. (2020), con una morbilidad de 27,6% (Plataforma de Investigación en Salud Animal, INIA La Estanzuela). Se asumió que cada tratamiento de diarrea tuvo un costo de US\$ 18,78. El costo total por tratamiento se desagrega en la aplicación de varios insumos como antiinflamatorios no esteroideos, antibióticos, sales rehidratantes y protector de mucosa gastrointestinal. El antiinflamatorio no esteroideo se administró a tres dosis, una por día, con un costo de US\$ 0,51 cada una (PROLESA; consultores externos). El antibiótico se administró durante cinco días usando cinco dosis, una por día, costando US\$ 0,23 cada una (PROLESA; consultores externos). Las sales rehidratantes se administraron durante 4 días, una por día, costando US\$ 2,73 cada una (PROLESA; consultores externos). El protector de la mucosa gastrointestinal se administró durante tres días en tres dosis, una por día, a un costo de US\$ 1,71 por dosis (PROLESA; consultores externos).

La ecuación correspondiente al costo del tratamiento del síndrome de diarrea neonatal es la siguiente:

$$\text{Sanidad curativa} = \text{costo de tratamiento de diarrea} \left( \frac{\text{US\$}}{\text{tratamiento}} \right) \\ \times \text{Morbilidad diarrea} \left( \frac{\text{enfermos}}{\text{población de riesgo}} \right)$$

Esta etapa finalizó el día 73 de vida al momento del desleche. Las inversiones realizadas en esta etapa correspondieron a las estacas, termotanques e instalaciones, en total US\$ 1,42 por cabeza. Los detalles se describen en la siguiente tabla.

Cuadro III. Inversiones de uso en etapa Crianza

Descripción	VN (US\$)	VRP (US\$)	Cantidad	Inversión total (US\$)	VU (años)	Cabezas/unidad/año	Cabezas prorratio	Inversión/Cabeza (US\$)	VRP/Cabeza (US\$)
Estacas	5	0	1	5	4	5	20	0,25	0
Termotanque	400	0	1	400	4	600	2400	0,17	0
Instalaciones (m2)	10	0	4	40	8	5	40	1,00	0
<b>Total</b>				<b>445</b>				<b>1,42</b>	<b>0</b>

*VN: valor a nuevo; VRP: valor residual pasivo; VU: vida útil.*

En resumen, para la etapa Crianza, los costos por cabeza derivados de mano de obra, calentamiento, alimentación y sanidad fueron de US\$ 42,97, 1,82, 61,70 y 10,52 respectivamente. Esto generó un gasto total de US\$ 117,01 por ternera criada.

### *Recría 1*

La duración de esta etapa fue de 107 días. Comenzó el día 74 y terminó el día 180. La ternera pasa de 74 a 127 kilos con un ADPV de 0,495 kg. Al igual que en la etapa anterior los costos incurridos en esta etapa corresponden a aspectos como la mano de obra, alimentación y sanitarios. Estos se detallan a continuación.

Sobre el costo del personal se determinó que una persona atiende 868 animales por año, pero como esta etapa dura menos de un año, se realizó un cálculo proporcional. Se multiplicó el salario por hora de trabajo de US\$ 6,68 por 0,757 horas por cabeza, obteniendo un costo de US\$ 5,05 por cabeza en cuanto a mano de obra. La ecuación que describe este cálculo realizado se muestra a continuación:

$$\frac{\text{Horas laborables/Año}}{\text{cabezas/persona}} \times \frac{\text{Duración etapa}}{365} = \frac{2240 \text{ h}}{868} \times \frac{107 \text{ d}}{365} = \frac{0,757 \text{ h}}{\text{cabeza}} / \text{etapa}$$

En la alimentación se asumió un consumo total de 2,8% del peso vivo (esto representa 2,81 kg MS diarios considerando el peso medio del animal durante esta etapa). Los costos de la alimentación derivaron del uso de una dieta compuesta por concentrado, pradera permanente, heno y campo natural. El alimento concentrado fue el más abundante y correspondió al 51% de la dieta diaria, es decir, 1,44 kg de MS por día. El precio de este alimento se estableció en 0,4 US\$/kg MS, lo que determinó un costo de 61,42 US\$ por animal para los 107 días de duración de la etapa (1,44 kg x 0,4 US\$ x 107 días). Por otra parte, la pradera permanente aportó el 13% del consumo total de MS, lo que significó un 0,37 kg de MS por día de pastura. El costo del kilogramo de MS de pastura se estableció en 0,041 US\$ y este determinó 1,60 US\$ por cabeza en esta etapa (0,37 kg x 0,041 US\$ x 107 días). El heno aportó además con un 36% en el consumo total de MS, lo que significó 0,301 fardos redondos por cabeza para cubrir toda la etapa. El costo del fardo se estableció en 12,2 US\$ (0,034 US\$/kg MS), así el costo del heno se calculó en 3,67 US\$/cabeza. La proporción de MS que aportó el campo natural fue del 0%.

Los costos sanitarios para esta etapa correspondieron a los derivados de la vacunación preventiva contra enfermedades infecciosas como clostridiales, carbunco y fiebre aftosa, desparasitaciones y honorarios veterinarios. Las vacunas contra enfermedades clostridiales correspondieron a dos dosis con un costo de US\$ 0,505 cada una, las vacunas contra carbunco y contra aftosa fueron de dosis única, costando US\$ 0,420 y US\$ 0, respectivamente. La desparasitación se administró en un plan de tres dosis a US\$ 0,107 cada una y por último, los honorarios veterinarios correspondieron a US\$ 0,68 por cabeza. En cuanto a inversiones para esta etapa (US\$ 5,38 por cabeza) se describen solo las aguadas en la tabla a continuación.

Cuadro IV. Inversiones de uso en etapa Recría 1.

Descripción	VN (US\$)	VRP (US\$)	Cantidad	Inversión total (US\$)	VU (años)	Cabezas/unidad/año	Cabezas prorratio	Inversión/Cabeza (US\$)	VRP/Cabeza (US\$)
Aguadas	14000	0	1	14000	20	130	2600	5,38	0
Total				14000				5,38	0

*VN: valor a nuevo; VRP: valor residual pasivo; VU: vida útil.*

En resumen, para la etapa Recría 1, los costos por cabeza derivados de mano de obra, alimentación y sanidad fueron de US\$ 5,05, 66,69 y 2,43, respectivamente. Esto generó un gasto total de US\$ 74,18.

### Recría 2

Esta etapa tuvo una duración de 550 días. Comenzó el día 181 y terminó el día 730. La vaquillona pasa de 127 a 372 kilos con un ADPV de 0,445 kg. La estructura de costos es similar a la etapa anterior e incurre en aspectos como la mano de obra, alimentación y sanitarios, además se añade la reproducción dado que es la etapa en que ocurre el primer servicio. La estructura de costos se detalla a continuación.

Al igual que en etapa la Recría 1, para la determinación del costo de mano de obra determinó que una persona atiende 868 animales por año. Dado que esta etapa dura más de 1 año, el cálculo fue ajustado. Al multiplicar 3,89 horas por el salario por hora (US\$ 6,68) se obtuvo un costo de mano de obra de 25,96 US\$ por cabeza. La ecuación que describe este cálculo realizado se muestra a continuación:

$$\frac{\frac{\text{Horas laborables/año}}{\text{Cabezas persona}} \times \frac{\text{Duración etapa}}{365}}{365} = \frac{2240 \text{ hs}}{868} \times \frac{550 \text{ d.}}{365} = 3,89 \frac{\text{horas}}{\text{cab}} / \text{etapa}$$

En la alimentación se asumió un consumo total de 2,54% del peso vivo al igual que en la etapa anterior (esto representa 6,34 kg MS diarios considerando el peso medio del animal durante esta etapa). Los costos de la alimentación derivaron del uso de una dieta compuesta por concentrado, pradera permanente, heno y campo natural. A diferencia de la etapa anterior, el alimento concentrado correspondió solo al 5% de la dieta diaria, es decir, 0,32 kg de MS por día). El precio de este alimento se estableció en 0,329 US\$/kg MS, lo que determinó un costo de US\$ 57,41 US\$ por animal para los 550 días de duración de la etapa (0,32 kg x 0,329 US\$ x 550 días). Por otra parte, la pradera permanente aportó el 42% del consumo total de MS, lo que significó un 2,66 kg de MS por día de pastura. El costo del kilogramo de MS de pastura se estableció en 0,041 US\$ y este determinó 59,70 US\$ por cabeza en esta etapa (2,66 kg x 0,041 US\$ x 550 días). El heno aportó con el 18% en el consumo total de MS, lo que significó 1,743 fardos redondos por cabeza para cubrir toda la etapa. El costo del fardo se estableció en 12,2 US\$ (0,034 US\$/kg MS), así el costo del heno se calculó en 21,26 US\$/cabeza. Por último y dado que en este análisis no se incorporaron los costos de oportunidad, el campo natural se consideró sin un costo asignado. La proporción de MS que aportó el campo natural en este caso fue del 35% restante de la dieta diaria, lo que equivale a 2,22 kg MS/día.

Los costos sanitarios para esta etapa correspondieron a los derivados de la vacunación preventiva contra enfermedades infecciosas como clostridiales, carbunco y fiebre aftosa, desparasitaciones, además se incluyeron vacunas reproductivas, refrendaciones anuales con sangrado y aplicación con lectura de prueba de tuberculina para el diagnóstico de brucelosis y tuberculosis

respectivamente, junto con honorarios veterinarios. Las vacunas contra enfermedades clostridiales correspondieron a cuatro dosis con un costo de US\$ 0,505 cada una, las vacunas contra carbunco y contra aftosa fueron de una y cuatro dosis, costando US\$ 0,420 y US\$ 0 respectivamente. La desparasitación se administró en un plan de seis dosis a un costo de US\$ 0,107 cada una. La refrendación anual para el diagnóstico y certificación del estado de brucelosis y tuberculosis de la Sociedad de Medicina Veterinaria del Uruguay (SMVU, citado de Caffarena 2021) tuvo un costo de 6,93 US\$/cabeza, mientras que los honorarios veterinarios se calcularon a US\$ 1,37 por cabeza. En esta etapa ocurre la primera preñez (al día 724 de vida), por lo que se incluyeron los costos reproductivos de inseminación y diagnóstico de gestación. En primer lugar, para el cálculo del costo de inseminación se fijó el precio de la dosis de semen a 10 US\$/dosis (PROLESA, 2020, citado de Caffarena 2021) y el costo del inseminador por vaca preñada a 5,83 US\$. Se asumió 1,5 dosis de semen por cabeza obteniéndose una preñez del 45%, por lo que la cantidad de dosis de semen requeridas para lograr una preñez fue de 3,33 dosis (1,5/0,45). Según lo descrito anteriormente, la suma de los costos de semen e inseminación considerando la tasa de preñez fueron de 15 y 2,62 US\$. Por otra parte, el diagnóstico de gestación mediante palpación transrectal solamente se fijó US\$ 1,94 por cabeza según los datos de la SMVU en el año 2020.

La ecuación a continuación describe el cálculo del costo de inseminación:

$$\text{Costo IA: } (\text{Precio semen} + \text{Costo IA / dosis}) \times \text{N}^\circ \text{ dosis} / \text{cabeza} \\ + \text{Costo IA/Preñez} \times \text{Tasa de preñez}$$

En resumen, para la etapa Recría 2, los costos por cabeza derivados de mano de obra, inseminación, alimentación, sanidad y diagnóstico de gestación fueron de US\$ 25,96, 17,62, 138,37, 14,38 y 1,94 respectivamente. Esto generó un gasto total de US\$ 198.27. Dado que no hubo inversiones en esta etapa, se considera el mismo valor expresado como el total de egresos.

### *Recría 3*

Esta etapa tuvo una duración de 276 días. Comenzó el día 731 y terminó el día 1006 con el evento del parto. La vaquillona pasa de 372 a 524 kilos. El ADPV se estableció en 0,551 kg. La estructura de costos es similar a la etapa anterior e incurre en aspectos como la mano de obra, alimentación y sanitarios, y se detalla a continuación.

Para la determinación del costo de mano de obra determinó que una persona atiende 868 animales por año. Dado que esta etapa dura menos de 1 año, el cálculo fue ajustado. Al multiplicar 1,95 horas dedicadas por el salario por hora (US\$ 6,68) se obtuvo un costo de mano de obra de 13,0 US\$ por cabeza. La ecuación se muestra a continuación:

$$\frac{\text{Horas laborables/año}}{\frac{\text{Cabezas}}{\text{persona}}} \times \frac{\text{Duración etapa}}{365} = \frac{2240 \text{ hs}}{868} \times \frac{276 \text{ d.}}{365} = 1,95 \frac{\text{horas}}{\text{cab}} / \text{etapa}$$

En la alimentación se asumió un consumo diario total de 2,5% del peso vivo al igual que en la etapa anterior (esto representa 11,20 kg MS diarios considerando el peso medio del animal durante esta etapa). Los costos de alimentación derivaron del uso de una dieta compuesta por concentrado, pradera permanente, heno y campo natural y se partitionan en la siguiente distribución. El alimento concentrado correspondió al 14% de la dieta diaria (1,57 kg de MS por día). El precio de este alimento se estableció en 0,329 US\$/kg MS, lo que determinó un costo de US\$ 142,56 por animal para los 226 días de duración de la etapa (1,57 kg x 0,329 US\$ x 276 días). Por otra parte, la pradera permanente aportó el 16,5% del consumo total de MS, lo que significó un 1,85 kg de MS por día de pastura. El costo del kilogramo de MS de pastura se estableció en 0,041 US\$ y este determinó 20,80 US\$ por cabeza en esta etapa (1,85 kg x 0,041 US\$ x 276 días). El heno aportó con el 27,3% en el consumo total de MS, lo que significó 2,34 fardos redondos, de 360 kg de MS cada uno, por cabeza para cubrir toda la etapa. El costo del fardo se estableció en 12,2 US\$ (0,034 US\$/kg MS), así el costo del heno se calculó en 28,64 US\$/cabeza. Además, en esta etapa se utilizó silaje de maíz, aportando el 11,2% del consumo total de MS, es decir un 1,25 de kg MS/día. El costo del silaje de maíz se estableció en 0,099 US\$/kg MS, determinando un costo por etapa de 34,15 US\$/cabeza. Por último y dado que en este análisis no se incorporaron los costos de oportunidad, el campo natural se consideró sin un costo asignado al igual que en la etapa anterior. La proporción de MS que aportó el campo natural en este caso fue del 31% restante de la dieta, lo que equivale a 3,47 kg MS/día.

Los costos sanitarios para esta etapa derivaron de la vacunación preventiva contra la fiebre aftosa, una refrendación anual y honorarios veterinarios. Al igual que en etapas anteriores, la vacuna de la fiebre aftosa no tuvo costo. El costo de la refrendación anual se determinó en US\$ 6,93/cabeza y los honorarios veterinarios en US\$ 0,68/cabeza. No se incluyeron costos reproductivos.

En resumen, para la etapa Recría 3, los costos por cabeza derivados de mano de obra, alimentación y sanidad fueron de 13,03, 226,15 y 7,61 US\$, respectivamente. Esto generó un gasto total de US\$ 246,79. Dado que no hubo inversiones en esta etapa, se considera el mismo valor expresado como el total de egresos.

### *Lactancia 1*

Esta etapa comenzó con el primer parto y tuvo una duración de 395 días. Comenzó el día 1.007 y terminó el día 1.401. La vaca pasa de 482 a 550 kilos. El ADPV se estableció en 0,172 kg. En esta etapa ocurre la segunda preñez en el día 1182 días de vida, siendo el intervalo parto-concepción de 175 días acorde a lo descrito por el Instituto Nacional de Mejoramiento y Control Lechero Uruguayo (MU). La estructura de costos es similar a la etapa anterior e incurre en aspectos como la mano de obra, alimentación, sanitarios y reproductivos. La estructura de costos se detalla a continuación.

El costo de la mano de obra se asumió como un costo fijo y considerando que una persona atiende y ordeña a 64,5 vacas (1,55 personas cada 100 vacas). Ajustando por la duración de la etapa de Lactancia 1 se obtuvo 37,58 horas por cabeza para toda la etapa. Finalmente, este valor se



multiplicó por el valor de la hora trabajada (US\$ 6,68), lo que determinó un costo de US\$ 250,92 por cada cabeza para toda la etapa. El cálculo se realizó usando la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Horas laborables/año}}{\frac{\text{Cabezas}}{\text{persona}}} \times \frac{\text{Duración etapa}}{365} = \frac{2240 \text{ hs}}{64,5} \times \frac{395 \text{ d.}}{365} = 37,58 \frac{\text{horas}}{\text{cab}} / \text{etapa}$$

En cuanto los costos de alimentación, la etapa Lactancia 1 se divide en 4 fases consecutivas de 90, 90, 90 y 125 días respectivamente, y en cada una se aplica un esquema de alimentación distinto. En general, el consumo medio de las fases es de 2,69% del peso vivo, lo que significan 13,89 kg de MS por día desglosados en 6,54 kg MS de pastura, 0,91 kg MS de heno, 4,23 kg MS de concentrado y 2,22 kg MS de silaje de maíz (Guillermo Battegazzore – CONAPROLE – Seguimiento Proyecto Apoyo Producción Competitiva, comunicación personal, citado de Caffarena 2021).

Por otra parte, la producción por vaca en ordeño (VO) se asumió como homogénea en las 4 fases y se estableció en 17,43 L/día (MU, citado de Caffarena 2021) . Los detalles del esquema de alimentación y producción láctea se muestran en las siguientes tablas.

Cuadro V. Producción y alimentación según fases de la etapa Lactancia 1.

	Producción		Alimentación				Total (kg MS/día)	% Peso Vivo
	Duración (días)	L/VO/día	Pastura (kg MS/cabeza/día)	Heno (kg MS/cabeza/día)	Silaje (kg MS/cabeza/día)	Concentrado (kg MS/cabeza/día)		
1° Fase	90	17,43	9,77	0,48	1,19	4,01	15,45	2,99%
2° Fase	90	17,43	6,68	0,73	1,78	4,01	13,19	2,56%
3° Fase	90	17,43	4,51	1,02	2,49	4,26	12,28	2,38%
4° Fase	125	17,43	5,59	1,26	3,08	4,51	14,44	2,8%
Total	395							

Cuadro VI. Características de la alimentación en la etapa de Lactancia 1.

Dieta	Kg MS/día	% Peso Vivo	% Dieta (MS)	US\$/kg MS	Kg MS/etapa	US\$/etapa	% costo
Pastura	6,54	1,27%	47,1%	0,041	2585,2	105,43	14,0%
Heno	0,91	0,18%	6,5%	0,034	357,8	12,12	1,6%
Silaje	2,22	0,43%	16,0%	0,099	875,9	86,67	11,5%
Concentrado	4,23	0,82%	30,4%	0,329	1669,0	549,77	72,9%
Total	13,89	2,69%	100%	0,133*	5487,8	754,00	100%

\*promedio

Con respecto a la sanidad preventiva se determinó una dosis de vacunación contra carbunco, una contra fiebre aftosa y una contra enfermedades reproductivas, con costos individuales de US\$ 0,42, US\$ 0, y US\$1,5 respectivamente, y la refrendación anual con costo de US\$ 6,93/cabeza.

En esta etapa ocurre la 2° preñez que finalizará con el segundo parto a los 1465 días de vida. Para la determinación del costo de la inseminación se emplearon los mismos parámetros que para la etapa de Recría 2, con un total de US\$ 17,62. A continuación la ecuación que detalla el cálculo:

$$\text{Costo IA: } US\$ \text{ dosis semen} \times 1.5 \text{ dosis/vaca} + 5.83 \text{ US\$/vaca preñada} \times 0.45 \text{ TC}$$

Debido a la producción láctea y generación de crías, se asumieron ingresos en esta etapa. Una producción diaria de 17,43 litros por 395 días a un precio de US\$ 0,300 y con un 96,3% de remisión a venta determinaron un ingreso por producción láctea de US\$ 1.989,03 por cabeza. En cuanto a la cría vendida, el ingreso fue de US\$ 61,00.

En resumen, para la etapa Lactancia 1, los costos por cabeza derivados de mano de obra, inseminación, alimentación, sanidad y otros (incluido el ordeño) fueron de US\$ 250,92, 17,62, 754,00, 8,85 y 48,19 respectivamente. Esto generó un gasto total de US\$ 1.079,58. Para las inversiones se asumió que estas fueron realizadas al inicio de esta etapa. Las inversiones totales fueron el equipo e instalaciones de ordeño, equipo de frío, comederos y aguadas que se determinaron en US\$ 876,92, lo que resultó en US\$ 1.956,51 de egresos totales para esta etapa.

Cuadro VII. Inversiones de uso en etapa Lactancia 1.

Descripción	VN (US\$)	VRP (US\$)	Cantidad	Inversión total (US\$)	VU (años)	Cabezas/unidad/año	Inversión/Cabeza (US\$)	VRP/Cabeza (US\$)
Equipo de ordeño	17.000	3.400	1	17.000	15	130	130,77	26,15
Instalaciones de ordeño	43.000	0	1	43.000	15	130	330,77	
Equipo de frío	20.000	0	1	20.000	15	130	153,85	
Comederos	20.000	0	1	20.000	20	130	153,85	
Aguadas	14.000	0	1	14.000	20	130	107,69	
<b>Total</b>				<b>114.000</b>			<b>876,92</b>	<b>26,15</b>

*VN: valor a nuevo; VRP: valor residual pasivo; VU: vida útil (años).*

### *Vaca seca 1*

Esta etapa tuvo una duración de 63 días. Comenzó el día 1402 y terminó el día 1464. La vaca pasa de 550 a 560 kilos. El ADPV se estableció en 0,159 kg. La estructura de costos también considera la mano de obra, alimentación y aspectos sanitarios. La estructura de costos se detalla a continuación.

El costo de la mano de obra se efectuó igual que en la etapa de Lactancia 1, esto significó que una persona atendió a 64,5 animales (1,55 personas cada 100 vacas). Al ajustar el cálculo según la duración de la etapa de Vaca seca 1 se obtuvo 5,99 horas por cabeza para toda la etapa. Finalmente, este valor se multiplicó por el valor de la hora trabajada US\$ 6,68, lo que determinó un costo de US\$ 40,02 por cada cabeza para toda la etapa.

La ecuación que rige el cálculo de horas trabajadas por cabeza en la etapa Vaca Seca 1 se muestra a continuación:

$$\frac{\text{Horas laborables/año}}{\frac{\text{Cabezas}}{\text{persona}}} \times \frac{\text{Duración etapa}}{365} = \frac{2240 \text{ hs}}{64,5} \times \frac{63 \text{ d.}}{365} = 5,99 \frac{\text{horas}}{\text{cab}} / \text{etapa}$$

En cuanto los costos de alimentación, la etapa Vaca Seca 1 se divide en 2 fases consecutivas de 43 y 20 días. En la primera fase se asume un consumo diario de MS del 2,0% del peso vivo (11,10 kg MS/día) y en la segunda fase del 2,12% (11,76 kg MS/día). Los detalles del esquema de alimentación y se muestran en las siguientes tablas.

Cuadro VIII. Alimentación según fases en la etapa de Vaca Seca 1.

Alimentación								
	Duración (días)	Pastura (kg MS/cabeza/día)	Heno (kg MS/cabeza/día)	Silaje (kg MS/cabeza/día)	Concentrado (kg MS/cabeza/día)	Campo natural (kg MS/cabeza/día)	Total (kg MS/cabeza/día)	% Peso vivo
1° Fase	43	1,11	1,11	0	0	8,88	11,10	2,00
2° Fase	20	1,11	2,78	2,78	2,55	2,55	11,76	2,12
Total	63							

Cuadro IX. Características de la alimentación en la etapa de Vaca Seca 1.

Dieta	Kg MS/día (Promedio)	% Peso vivo	% dieta (MS)	US\$/kg MS	Kg MS/etapa	Kg MS/día (suministro real)	US\$/etapa	% Costo
Pastura	1,11	0,20	9,8	0,041	69,9	1,11	2,85	10,0
Heno	1,64	0,30	14,5	0,034	103,2	1,64	3,50	12,2
Silaje	0,88	0,16	7,8	0,099	55,5	2,78	5,49	19,2
Concentrado	0,81	0,15	7,2	0,329	51,0	2,55	16,80	58,7
Campo natural	6,87	1,24	60,8	0,0	432,9	6,87	0	0,0
Total/etapa	11,31	2,04	100,0	0,040	712,6	14,95	28,64	100,0

Sobre los costos de sanidad preventiva, en esta etapa el animal se vacuna con una dosis contra fiebre aftosa (sin costo para el productor) y también hay una refrendación (US\$ 6,93/cabeza).

En resumen, para la etapa Vaca Seca 1, los costos por cabeza derivados de mano de obra, alimentación, y sanidad fueron de US\$ 40,02, 28,64 y 6,93 respectivamente. Esto generó un gasto total de US\$ 75,59. Dado que no hubo inversiones en esta etapa, se considera el mismo valor expresado como el total de egresos.

### *Lactancia 2*

Esta etapa tuvo una duración de 389 días. Comenzó el día 1.465 y terminó el día 1.853. La vaca mantiene un peso vivo de 550 kilos (ADVP = 0 kg). En esta etapa ocurre la tercera preñez en el día 1.633 de vida, siendo el intervalo parto-concepción de 168 días en concordancia a lo descrito por el MU. La estructura de costos es similar a la etapa anterior e incluye mano de obra, alimentación, aspectos sanitarios y reproductivos. Además, se calcularon de la misma manera que en la etapa de Lactancia 1, solo habiendo diferencias en el ajuste según la duración de la etapa.

Por otra parte, la producción por VO también se asumió como homogénea en las 4 fases y se estableció en 19,98 L/día (MU, citado de Caffarena 2021). Los detalles del esquema de alimentación y producción láctea se muestran en las siguientes tablas.

Cuadro X. Producción y alimentación según fases en la etapa de Lactancia 2.

	Producción		Alimentación					% Peso vivo
	Duración (días)	Producción L/VO/día	Pastura (kg MS/cabeza/día)	Heno (kg MS/cabeza/día)	Silaje (kg MS/cabeza/día)	Concentrado (kg MS/cabeza/día)	Total (kg MS/cabeza/día)	
1° Fase	90	19,98	8,00	0,87	2,13	4,80	15,80	2,97
2° Fase	90	19,98	5,40	1,22	2,98	5,10	14,70	2,76
3° Fase	90	19,98	6,70	1,51	3,69	5,40	17,30	3,25
4° Fase	119	19,98	11,70	0,58	1,42	4,80	18,50	3,47
Total	389							

Cuadro XI. Características de la alimentación en Lactancia 2.

Dieta	Kg MS/día	% Peso vivo	% Dieta (MS)	US\$/kg MS	Kg MS/etapa	US\$/etapa	% costo
Pastura	8,23	1,55	49,2	0,041	3201,3	130,56	14,8
Heno	1,01	0,19	6,0	0,034	392,7	13,31	1,5
Silaje	2,47	0,46	14,8	0,099	961,3	95,12	10,8
Concentrado	5,01	0,94	30,0	0,329	1948,2	641,76	72,9
Total	16,72	3,14	100,0	0,135	6503,5	880,75	100,0



Con respecto a la sanidad preventiva se determinó una dosis de vacunación contra carbunco, una contra fiebre aftosa, y una contra enfermedades reproductivas, con costos de US\$ 0,42, US\$ 0 u US\$ 1,5, respectivamente, y el costo de la refrendación anual (US\$ 6,93/cabeza).

En esta etapa ocurre la 3° preñez que finalizará con el tercer parto a los 1916 días de vida. Para la determinación del costo de la inseminación se emplearon los mismos parámetros que para la etapa de Lactancia 1, con un total de US\$ 17,62.

Debido a la producción láctea y generación de crías, se asumieron ingresos en esta etapa. Una producción diaria de 19,98 L por 389 días a un precio de US\$ 0,300 y con un 96,3% de remisión a venta determinaron un ingreso por producción láctea de US\$ 2.245,39 por cabeza. En cuanto a la cría vendida, el ingreso fue de US\$ 61,00.

En resumen para la etapa Lactancia 2, los costos por cabeza derivados de mano de obra, inseminación, alimentación, sanidad y otros (incluido el ordeño) fueron de US\$ 247,11, 17,62, 880,75, 8,85, y 54,41, respectivamente. Esto generó un gasto total de US\$ 1.208,73. No se consideran costos de inversiones, ya que estos fueron asumidos al inicio de la etapa de Lactancia 1, por lo que se considera el mismo valor expresado como el total de egresos. Respecto de los ingresos totales, se determinaron en US\$ 2.306,39.

#### *Vaca seca 2*

Esta etapa tuvo una duración de 62 días. Comenzó el día 1854 y terminó el día 1.915. La etapa de Vaca Seca 2 es similar a la de Vaca Seca 1, sólo que varía su duración. La estructura de costos también considera aspectos como la mano de obra, alimentación y sanitarios, y los costos se calcularon de la misma manera que en la etapa Vaca Seca 1. Los detalles del esquema de alimentación se muestran en las siguientes tablas.

Cuadro XII. Alimentación según fases en la etapa de Vaca Seca 2.

Alimentación								
	Duración (días)	Pastura (kg MS/cabeza/día)	Heno (kg MS/cabeza/día)	Silaje (kg MS/cabeza/día)	Concentrado (kg MS/cabeza/día)	Campo natural (kg MS/cabeza/día)	Total (kg MS/cabeza/día)	% Peso vivo
1° Fase	18	1,11	1,11	0	0	8,88	11,10	2,00
2° Fase	44	1,11	2,78	2,78	2,55	2,55	11,76	2,12
Total	62							

Cuadro XIII. Características de la alimentación en la etapa de Vaca Seca 2.

Dieta	Kg MS/día (Promedio)	% Peso vivo	% dieta (MS)	US\$/kg MS	Kg MS/etapa	Kg MS/día	US\$/etapa	% Costo
Pastura	1,11	0,20	9,6	0,041	68,8	1,11	2,81	5,0
Heno	2,29	0,41	19,8	0,034	142,1	2,29	4,81	8,5
Silaje	1,97	0,35	17,0	0,099	122,1	2,78	12,08	21,3
Concentrado	1,81	0,33	15,6	0,329	112,2	2,55	36,96	65,2
Campo natural	4,39	0,79	37,9	0,000	272,2	4,39	0,00	0,0
Total/etapa	11,57	2,08	100,0	0,079	717,4	13,12	56,66	100,0

En resumen, para la etapa Vaca Seca 2, los costos por cabeza derivados de mano de obra, alimentación, y sanidad fueron de US\$ 39,38, 56,66 y 6,93, respectivamente. Esto generó un gasto total de US\$ 102,98. Dado que no hubo inversiones en esta etapa, se considera el mismo valor expresado como el total de egresos.

### *Lactancia 3*

Esta etapa tuvo una duración de 387 días. Comenzó el día 1.916 y terminó el día 2302. Se mantuvieron los parámetros de la etapa de Lactancia 2, por lo que no se registró una variación en el peso vivo. Durante esta etapa ocurre la cuarta preñez a una edad de 2.082 días, por lo que el IPC es de 166 días en concordancia con los datos descritos por el MU. La estructura de costos es similar a la etapa anterior e incurre en aspectos como la mano de obra, alimentación, sanitarios y reproductivos. Además, se calcularon de la misma manera que en la etapa Lactancia 2, solo habiendo diferencias en el ajuste según la duración de la etapa.

Por otra parte, la producción por VO también se asumió como homogénea en las 4 fases y se estableció en 20,86 L/día (MU, citado de Caffarena 2021). Los detalles del esquema de alimentación y producción láctea se muestran en las siguientes tablas.

Cuadro XIV. Producción y alimentación según fases en la etapa de Lactancia 3.

	Producción		Alimentación					% Peso vivo
	Duración (días)	Producción L/VO/día	Pastura (kg MS/cabeza/día)	Heno (kg MS/cabeza/día)	Silaje (kg MS/cabeza/día)	Concentrado (kg MS/cabeza/día)	Total (kg MS/cabeza/día)	
1° Fase	90	20,86	5,40	1,22	2,98	5,10	14,70	2,76
2° Fase	90	20,86	6,70	1,51	3,69	5,40	17,30	3,25
3° Fase	90	20,86	11,70	0,58	1,42	4,80	18,50	3,47
4° Fase	117	20,86	8,00	0,87	2,13	4,80	15,80	2,97
Total	387							

Cuadro XV. Características de la alimentación en la etapa de Lactancia 3.

Dieta	Kg MS/día	% Peso vivo	% Dieta (MS)	US\$/kg MS	Kg MS/etapa	US\$/etapa	% costo
Pastura	7,95	1,49	48,1	0,041	3078,0	125,53	14,4
Heno	1,03	0,19	6,2	0,034	399,3	13,53	1,5
Silaje	2,53	0,47	15,3	0,099	977,7	96,74	11,1
Concentrado	5,01	0,94	30,3	0,329	1938,6	638,60	73,0
Total	16,52	3,10	100,0	0,137	6393,6	874,40	100,0

Se asumieron los mismos gastos sanitarios (vacunación contra carbunco, aftosa, reproductivas y refrendación) y de reproducción que en las Lactancias 1 y 2. Al igual que la Lactancia 2 no se incluye ninguna inversión adicional.

En esta etapa ocurre la 4° preñez que finalizará con el cuarto parto a los 2.365 días de vida. Para la determinación del costo de la inseminación se emplearon los mismos parámetros que para la etapa de Lactancia 2, con un total de US\$ 17,62.

Debido a la producción láctea y generación de crías, se asumieron ingresos en esta etapa. Una producción diaria de 20,86 litros por 387 días a un precio de US\$ 0,300 y con un 96,3% de remisión a venta determinaron un ingreso por producción láctea de US\$ 2.332,24 por cabeza. En cuanto a la cría vendida, el ingreso fue de US\$ 61,00.

En resumen, para la etapa Lactancia 3, los costos por cabeza derivados de mano de obra, inseminación, alimentación, sanidad y otros (incluido el ordeño) fueron de US\$ 245,84, 17,62, 874,40, 8,85 y 56,51, respectivamente. Esto generó un gasto total de US\$ 1.203,22. No se consideran costos de inversiones, ya que estos fueron asumidos al inicio de la etapa de Lactancia 1, por lo que se considera el mismo valor expresado como el total de egresos. Respecto de los ingresos totales, se determinaron en US\$ 2.393,24.

### *Vaca seca 3*

Esta etapa tuvo una duración de 62 días. Comenzó el día 2.303 y terminó el día 2.364. La etapa de Vaca Seca 3 es similar a la de Vaca Seca 1 y 2, sólo que varía su duración. La estructura de costos también considera aspectos como la mano de obra, alimentación y sanitarios, y los costos se calcularon de la misma manera que en la etapa Vaca Seca 1 y 2. Los detalles del esquema de alimentación se muestran en las siguientes tablas.

Cuadro XVI. Alimentación según fases en la etapa de Vaca Seca 3.

Alimentación								
	Duración (días)	Pastura (kg MS/cabeza/día)	Heno (kg MS/cabeza/día)	Silaje (kg MS/cabeza/día)	Concentrado (kg MS/cabeza/día)	Campo natural (kg MS/cabeza/día)	Total (kg MS/cabeza/día)	% Peso vivo
1° Fase	20	1,11	1,11	0	0	8,88	11,10	2,00
2° Fase	42	1,11	2,78	2,78	2,55	2,55	11,76	2,12
Total	62							

Cuadro XVII. Características de la alimentación en la etapa de Vaca Seca 3.

Dieta	Kg MS/día (Promedio)	% Peso vivo	% dieta (MS)	US\$/ kg MS	Kg MS/etapa	Kg MS/día	US\$/etapa	% Costo
Pastura	1,11	0,05	9,6	0,041	68,8	1,11	2,81	5,2
Heno	2,24	0,09	19,4	0,034	138,8	2,24	4,70	8,7
Silaje	1,88	0,08	16,3	0,099	116,6	2,78	11,53	21,2
Concentrado	1,73	0,07	15,0	0,329	107,1	2,55	35,28	64,9
Campo natural	4,59	0,19	39,8	0,000	284,8	4,59	0,00	0,0
Total/etapa	11,55	2,08	100,0	0,076	716,0	13,27	54,32	100,0

En resumen, para la etapa Vaca Seca 3, los costos por cabeza derivados de mano de obra, alimentación, y sanidad fueron de US\$ 39,38, 54,32 y 6,93, respectivamente. Esto generó un gasto total de US\$ 100,64. Dado que no hubo inversiones en esta etapa, se considera el mismo valor expresado como el total de egresos.

#### *Lactancia 4*

Esta etapa tuvo una duración de 180 días. Comenzó el día 2.365 y terminó el día 2.544. Se mantuvieron los parámetros de la etapa de Lactancia 1, 2 y 3, por lo que no se registró una variación en el peso vivo. Durante esta etapa ocurre la finalización de la vida útil. La estructura de costos es similar a la etapa anterior e incurre en aspectos como la mano de obra, alimentación, sanitarios y reproductivos. Además, se calcularon de la misma manera que en la etapa Lactancia 1, 2 y 3, solo habiendo diferencias en el ajuste según la duración de la etapa. Al ser una lactancia de menor duración se subdivide en 2 fases de 90 días cada una. La tercera y cuarta fase consideradas en las previas lactancias, con duración de 90 días y 117 a 125 días, se ven interrumpidas por el descarte del animal al día 2.544 de vida (MU, citado de Caffarena 2021).

Se consideraron los mismos gastos sanitarios que en las otras lactancias (vacunación contra carbunco, aftosa, reproductivas y refrendación). Con respecto a los costos de reproducción, de todas formas, se presupuesta el costo de la inseminación a pesar de ser esta la última lactancia. La producción se mantuvo en 20,8 L/día (MU, citado de Caffarena 2021). En las tablas a continuación se detallan las características productivas y de alimentación de la etapa.

Cuadro XVIII. Producción y alimentación según fases en la etapa de Lactancia 4.

	Producción		Alimentación					% Peso vivo
	Duración (días)	Producción L/VO/día	Pastura (kg MS/cabeza/día)	Heno (kg MS/cabeza/día)	Silaje (kg MS/cabeza/día)	Concentrado (kg MS/cabeza/día)	Total (kg MS/cabeza/día)	
1° Fas	90	2,80	6,68	1,50	3,68	5,38	17,24	3,35
2° Fase	90	2,80	11,70	0,58	1,41	4,78	18,47	3,59
Total	180							

Cuadro XIX. Características de la alimentación en la etapa de Lactancia 4.

Dieta	Kg MS/día	% Peso vivo	% Dieta (MS)	US\$/kg MS	Kg MS/etapa	US\$/etapa	% costo
Pastura	9,19	1,78	51,5	0,041	1654,2	67,46	16,0
Heno	1,04	0,20	5,8	0,034	187,1	6,34	1,5
Silaje	2,55	0,49	14,3	0,099	458,2	45,33	10,8
Concentrado	5,08	0,99	28,5	0,329	914,4	301,21	71,7
Total	17,86	3,47	100,0	0,131	3213,9	420,35	100,0



Debido a la producción láctea y generación de crías, se asumieron ingresos en esta etapa. Una producción diaria de 20,8 litros por 180 días a un precio de US\$ 0,300 y con un 96,3% de remisión a venta determinaron un ingreso por producción láctea de US\$ 1081,64 por cabeza. En cuanto a la cría vendida, el ingreso fue de US\$ 61,00. Además, en esta etapa ocurre el ingreso debido al recupero del valor residual de las inversiones realizadas durante las etapas previas (US\$ 660,09) y la venta de la vaca al frigorífico por el descarte (US\$ 600).

En resumen, para la etapa Lactancia 4, los costos por cabeza derivados de mano de obra, inseminación, alimentación, sanidad y otros (incluido el ordeño) fueron de US\$ 114,34, 17,62, 420,35, 8,85 y 26,21 respectivamente. Esto generó un gasto total de US\$ 587,38. No se consideran costos de inversiones, ya que estos fueron asumidos al inicio de la etapa de Lactancia 1. Respecto de los ingresos totales, se determinaron en US\$ 2.402,73.

## 10.2 Anexo 2. Datos de entrada reproductivos

Cuadro XX. Valores de entrada en los intervalos entre partos de los distintos escenarios de aborto.

Escenario de aborto	Intervalo entre partos primera lactancia	Intervalo entre partos segunda lactancia	Intervalo entre partos tercera lactancia	Intervalo entre partos cuarta lactancia
Vaquillona aborto temprano	458	451	449	239
Vaquillona aborto tardío	458	451	449	329
Vaca 2° preñez aborto temprano	760	449	329	
Vaca 2° preñez aborto tardío	850	449	239	
Vaca 3° preñez aborto temprano	458	751	329	
Vaca 3° preñez aborto tardío	458	841	239	
Vaca 4° preñez aborto temprano	458	451	629	
Vaca 4° preñez aborto tardío	458	451	629	

Cuadro XXI. Detalle de valores de intervalo entre partos por lactancia en el escenario vaquillona aborto temprano.

Lactancia	Intervalo entre partos (días)	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)
1°	451	1316	1766
2°	449	1767	2215
3°	329	2216	2544
4°	0	0	0

Cuadro XXII. Detalle de valores de intervalo entre partos por lactancia en el escenario vaquillona aborto tardío.

Lactancia	Intervalo entre partos (días)	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)
1°	451	1406	1856
2°	449	1857	2305
3°	239	2306	2544
4°	0	0	0

Cuadro XXIII. Detalle de valores de intervalo entre partos por lactancia en el escenario vaca 2° preñez aborto temprano.

Lactancia	Intervalo entre partos (días)	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)
1°	760	1007	1766
2°	449	1767	2215
3°	329	2216	2544
4°	0	0	0

Cuadro XXIV. Detalle de valores de intervalo entre partos por lactancia en el escenario vaca 2° preñez aborto tardío.

Lactancia	Intervalo entre partos (días)	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)
1°	850	1007	1856
2°	449	1857	2305
3°	239	2306	2544
4°	0	0	0

Cuadro XXV. Detalle de valores de intervalo entre partos por lactancia en el escenario vaca 3° preñez aborto temprano.

Lactancia	Intervalo entre partos (días)	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)
1°	458	1007	1464
2°	751	1465	2215
3°	329	2216	2544
4°	0	0	0

Cuadro XXVI. Detalle de valores de intervalo entre partos por lactancia en el escenario vaca 3° preñez aborto tardío.

Lactancia	Intervalo entre partos (días)	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)
1°	458	1007	1464
2°	841	1465	2305
3°	239	2306	2544
4°	0	0	0

Cuadro XXVII. Detalle de valores de intervalo entre partos por lactancia en el escenario vaca 4° preñez aborto temprano.

Lactancia	Intervalo entre partos (días)	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)
1°	458	1007	1464
2°	451	1465	1915
3°	629	1916	2544
4°	0	0	0

Cuadro XXVIII. Detalle de valores de intervalo entre partos por lactancia en el escenario 4° preñez aborto tardío.

Lactancia	Intervalo entre partos (días)	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)
1°	458	1007	1464
2°	451	1465	1915
3°	629	1916	2544
4°	0	0	0

Cuadro XXIX. Valores de entrada en la duración de etapas reproductivas en el escenario vaquillona aborto temprano.

Etapa	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)	Duración (días)
Preñez 1	724	857	134
IPC 1	858	1032	175
Preñez 2	1033	1315	283
IPC 2	1316	1483	168
Preñez 3	1484	1766	283
IPC 3	1767	1932	166
Preñez 4	1933	2215	283
IPC 4	2216	2381	166

Cuadro XXX. Valores de entrada en la duración de etapas reproductivas en el escenario vaquillona aborto tardío.

Etapa	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)	Duración (días)
Preñez 1	724	947	224
IPC 1	948	1122	175
Preñez 2	1123	1405	283
IPC 2	1406	1573	168
Preñez 3	1574	1856	283
IPC 3	1857	2022	166
Preñez 4	2023	2305	283
IPC 4	2306	2471	166

Cuadro XXXI. Valores de entrada en la duración de etapas reproductivas en el escenario vaca 2° preñez aborto temprano.

Etapa	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)	Duración (días)
Preñez 1	724	1006	283
IPC 1	1007	1181	175
Preñez 2	1182	1315	134
IPC 2	1316	1483	168
Preñez 3	1484	1766	283
IPC 3	1767	1932	166
Preñez 4	1933	2215	283
IPC 4	2216	2381	166

Cuadro XXXII. Valores de entrada en la duración de etapas reproductivas en el escenario vaca 2° preñez aborto tardío.

Etapa	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)	Duración (días)
Preñez 1	724	1006	283
IPC 1	1007	1181	175
Preñez 2	1182	1405	224
IPC 2	1406	1573	168
Preñez 3	1574	1856	283
IPC 3	1857	2022	166
Preñez 4	2023	2305	283
IPC 4	2306	2471	166

Cuadro XXXIII. Valores de entrada en la duración de etapas reproductivas en el escenario vaca 3° preñez aborto temprano.

Etapa	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)	Duración (días)
Preñez 1	724	1006	283
IPC 1	1007	1181	175
Preñez 2	1182	1464	283
IPC 2	1465	1632	168
Preñez 3	1633	1766	134
IPC 3	1767	1932	166
Preñez 4	1933	2215	283
IPC 4	2216	2381	166

Cuadro XXXIV. Valores de entrada en la duración de etapas reproductivas en el escenario vaca 3° preñez aborto tardío.

Etapa	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)	Duración (días)
Preñez 1	724	1006	283
IPC 1	1007	1181	175
Preñez 2	1182	1464	283
IPC 2	1465	1632	168
Preñez 3	1633	1856	224
IPC 3	1857	2022	166
Preñez 4	2023	2305	283
IPC 4	2306	2471	166

Cuadro XXXV. Valores de entrada en la duración de etapas reproductivas en el escenario vaca 4° preñez aborto temprano.

Etapa	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)	Duración (días)
Preñez 1	724	1006	283
IPC 1	1007	1181	175
Preñez 2	1182	1464	283
IPC 2	1465	1632	168
Preñez 3	1633	1915	283
IPC 3	1916	2081	166
Preñez 4	2082	2215	134
IPC 4	2216	2381	166

Cuadro XXXVI. Valores de entrada en la duración de etapas reproductivas en el escenario 4° preñez aborto tardío.

Etapa	Edad de inicio (días)	Edad de término (días)	Duración (días)
Preñez 1	724	1006	283
IPC 1	1007	1181	175
Preñez 2	1182	1464	283
IPC 2	1465	1632	168
Preñez 3	1633	1915	283
IPC 3	1916	2081	166
Preñez 4	2082	2305	224
IPC 4	2306	2471	166

### 10.3 Anexo 3. Datos de entrada en variables temporales en escenarios de aborto

Cuadro XXXVII. Detalle de valores de entrada en la duración de etapas productivas en el escenario: Vaquillona aborto temprano.

Etapa	Edad de inicio	Edad de término	Duración
<b>Cría</b>	1	73	73
<b>Recría 1</b>	74	180	107
<b>Recría 2</b>	181	730	550
<b>Recría 3</b>	731	1315	585
<b>Lactancia 1</b>	<b>1316</b>	<b>1710</b>	<b>395</b>
fase 1	1316	1405	90
fase 2	1406	1495	90
fase 3	1496	1585	90
fase 4	1586	1710	125
<b>Vaca Seca 1</b>	<b>1711</b>	<b>1766</b>	<b>56</b>
fase 1	1711	1753	43
fase 2	1754	1766	13
<b>Lactancia 2</b>	<b>1767</b>	<b>2155</b>	<b>389</b>
fase 1	1767	1856	90
fase 2	1857	1946	90
fase 3	1947	2036	90
fase 4	2037	2155	119
<b>Vaca Seca 2</b>	<b>2156</b>	<b>2215</b>	<b>60</b>
fase 1	2156	2173	18
fase 2	2174	2215	42
<b>Lactancia 3</b>	<b>2216</b>	<b>2544</b>	<b>329</b>
fase 1	2216	2305	90
fase 2	2306	2395	90
fase 3	2396	2485	90
fase 4	2486	2544	59
<b>Vaca Seca 3</b>			
fase 1			
fase 2			
<b>Lactancia 4</b>			
fase 1			
fase 2			
fase 3			
fase 4			
<b>Vaca Seca 4</b>			
fase 1			
fase 2			

Cuadro XXXVIII. Detalle de valores de entrada en la duración de etapas productivas en el escenario: Vaquillona aborto tardío.

Etapa	Edad de inicio	Edad de término	Duración
<b>Cría</b>	1	73	73
<b>Recría 1</b>	74	180	107
<b>Recría 2</b>	181	730	550
<b>Recría 3</b>	731	1405	675
<b>Lactancia 1</b>	<b>1406</b>	<b>1800</b>	<b>395</b>
fase 1	1406	1495	90
fase 2	1496	1585	90
fase 3	1586	1675	90
fase 4	1676	1800	125
<b>Vaca Seca 1</b>	<b>1801</b>	<b>1856</b>	<b>56</b>
fase 1	1801	1843	43
fase 2	1844	1856	13
<b>Lactancia 2</b>	<b>1857</b>	<b>2245</b>	<b>389</b>
fase 1	1857	1946	90
fase 2	1947	2036	90
fase 3	2037	2126	90
fase 4	2127	2245	119
<b>Vaca Seca 2</b>	<b>2246</b>	<b>2305</b>	<b>60</b>
fase 1	2246	2263	18
fase 2	2264	2305	42
<b>Lactancia 3</b>	<b>2306</b>	<b>2544</b>	<b>239</b>
fase 1	2306	2395	90
fase 2	2396	2485	90
fase 3	2486	2544	59
fase 4			
<b>Vaca Seca 3</b>			
fase 1			
fase 2			
<b>Lactancia 4</b>			
fase 1			
fase 2			
fase 3			
fase 4			
<b>Vaca Seca 4</b>			
fase 1			
fase 2			



Cuadro XXXIX. Detalle de valores de entrada en la duración de etapas productivas en el escenario: Vaca 2° preñez aborto temprano.

Etapa	Edad de inicio	Edad de término	Duración
<b>Cría</b>	1	73	73
<b>Recría 1</b>	74	180	107
<b>Recría 2</b>	181	730	550
<b>Recría 3</b>	731	1006	276
<b>Lactancia 1</b>	<b>1007</b>	<b>1401</b>	<b>395</b>
fase 1	1007	1096	90
fase 2	1097	1186	90
fase 3	1187	1276	90
fase 4	1277	1401	125
<b>Vaca Seca 1</b>	<b>1402</b>	<b>1766</b>	<b>365</b>
fase 1	1402	1766	365
fase 2	0	0	0
<b>Lactancia 2</b>	<b>1767</b>	<b>2155</b>	<b>389</b>
fase 1	1767	1856	90
fase 2	1857	1946	90
fase 3	1947	2036	90
fase 4	2037	2155	119
<b>Vaca Seca 2</b>	<b>2156</b>	<b>2215</b>	<b>60</b>
fase 1	2156	2173	18
fase 2	2174	2215	42
<b>Lactancia 3</b>	<b>2216</b>	<b>2544</b>	<b>329</b>
fase 1	2216	2305	90
fase 2	2306	2395	90
fase 3	2396	2485	90
fase 4	2486	2544	59
<b>Vaca Seca 3</b>			
fase 1			
fase 2			
<b>Lactancia 4</b>			
fase 1			
fase 2			
fase 3			
fase 4			
<b>Vaca Seca 4</b>			
fase 1			
fase 2			

Cuadro XL. Detalle de valores de entrada en la duración de etapas productivas en el escenario:  
Vaca 2° preñez aborto tardío.

Etapa	Edad de inicio	Edad de término	Duración
<b>Cría</b>	1	73	73
<b>Recría 1</b>	74	180	107
<b>Recría 2</b>	181	730	550
<b>Recría 3</b>	731	1006	276
<b>Lactancia 1</b>	<b>1007</b>	<b>1401</b>	<b>395</b>
fase 1	1007	1096	90
fase 2	1097	1186	90
fase 3	1187	1276	90
fase 4	1277	1401	125
<b>Vaca Seca 1</b>	<b>1402</b>	<b>1856</b>	<b>455</b>
fase 1	1402	1856	455
fase 2	0	0	0
<b>Lactancia 2</b>	<b>1857</b>	<b>2245</b>	<b>389</b>
fase 1	1857	1946	90
fase 2	1947	2036	90
fase 3	2037	2126	90
fase 4	2127	2245	119
<b>Vaca Seca</b>	<b>2246</b>	<b>2305</b>	<b>60</b>
fase 1	2246	2263	18
fase 2	2264	2305	42
<b>Lactancia 3</b>	<b>2306</b>	<b>2544</b>	<b>239</b>
fase 1	2306	2395	90
fase 2	2396	2485	90
fase 3	2486	2544	59
fase 4			
<b>Vaca Seca 3</b>			
fase 1			
fase 2			
<b>Lactancia 4</b>			
fase 1			
fase 2			
fase 3			
fase 4			
<b>Vaca Seca 4</b>			
fase 1			
fase 2			

Cuadro XLI. Detalle de valores de entrada en la duración de etapas productivas en el escenario: Vaca 3° preñez aborto temprano.

Etapa	Edad de inicio	Edad de término	Duración
<b>Cría</b>	1	73	73
<b>Recría 1</b>	74	180	107
<b>Recría 2</b>	181	730	550
<b>Recría 3</b>	731	1006	276
<b>Lactancia 1</b>	<b>1007</b>	<b>1401</b>	<b>395</b>
fase 1	1007	1096	90
fase 2	1097	1186	90
fase 3	1187	1276	90
fase 4	1277	1401	125
<b>Vaca Seca 1</b>	<b>1402</b>	<b>1464</b>	<b>63</b>
fase 1	1402	1444	43
fase 2	1445	1464	20
<b>Lactancia 2</b>	<b>1465</b>	<b>1853</b>	<b>389</b>
fase 1	1465	1554	90
fase 2	1555	1644	90
fase 3	1645	1734	90
fase 4	1735	1853	119
<b>Vaca Seca 2</b>	<b>1854</b>	<b>2215</b>	<b>362</b>
fase 1	1854	2215	362
fase 2	0	0	0
<b>Lactancia 3</b>	<b>2216</b>	<b>2544</b>	<b>329</b>
fase 1	2216	2305	90
fase 2	2306	2395	90
fase 3	2396	2485	90
fase 4	2486	2544	59
<b>Vaca Seca 3</b>			
fase 1			
fase 2			
<b>Lactancia 4</b>			
fase 1			
fase 2			
fase 3			
fase 4			
<b>Vaca Seca 4</b>			
fase 1			
fase 2			

Cuadro XLII. Detalle de valores de entrada en la duración de etapas productivas en el escenario:  
Vaca 3° preñez aborto tardío.

Etapa	Edad de inicio	Edad de término	Duración
<b>Cría</b>	1	73	73
<b>Recría 1</b>	74	180	107
<b>Recría 2</b>	181	730	550
<b>Recría 3</b>	731	1006	276
<b>Lactancia 1</b>	<b>1007</b>	<b>1401</b>	<b>395</b>
fase 1	1007	1096	90
fase 2	1097	1186	90
fase 3	1187	1276	90
fase 4	1277	1401	125
<b>Vaca Seca 1</b>	<b>1402</b>	<b>1464</b>	<b>63</b>
fase 1	1402	1444	43
fase 2	1445	1464	20
<b>Lactancia 2</b>	<b>1465</b>	<b>1853</b>	<b>389</b>
fase 1	1465	1554	90
fase 2	1555	1644	90
fase 3	1645	1734	90
fase 4	1735	1853	119
<b>Vaca Seca 2</b>	<b>1854</b>	<b>2305</b>	<b>452</b>
fase 1	1854	2305	452
fase 2	0	0	0
<b>Lactancia 3</b>	<b>2306</b>	<b>2544</b>	<b>239</b>
fase 1	2306	2395	90
fase 2	2396	2485	90
fase 3	2486	2544	59
fase 4			
<b>Vaca Seca 3</b>			
fase 1			
fase 2			
<b>Lactancia 4</b>			
fase 1			
fase 2			
fase 3			
fase 4			
<b>Vaca Seca 4</b>			
fase 1			
fase 2			

Cuadro XLIII. Detalle de valores de entrada en la duración de etapas productivas en el escenario: Vaca 4° preñez aborto temprano.

Etapa	Edad de inicio	Edad de término	Duración
<b>Cría</b>	1	73	73
<b>Recría 1</b>	74	180	107
<b>Recría 2</b>	181	730	550
<b>Recría 3</b>	731	1006	276
<b>Lactancia 1</b>	<b>1007</b>	<b>1401</b>	<b>395</b>
fase 1	1007	1096	90
fase 2	1097	1186	90
fase 3	1187	1276	90
fase 4	1277	1401	125
<b>Vaca Seca 1</b>	<b>1402</b>	<b>1464</b>	<b>63</b>
fase 1	1402	1444	43
fase 2	1445	1464	20
<b>Lactancia 2</b>	<b>1465</b>	<b>1853</b>	<b>389</b>
fase 1	1465	1554	90
fase 2	1555	1644	90
fase 3	1645	1734	90
fase 4	1735	1853	119
<b>Vaca Seca 2</b>	<b>1854</b>	<b>1915</b>	<b>62</b>
fase 1	1854	1871	18
fase 2	1872	1915	44
<b>Lactancia 3</b>	<b>1916</b>	<b>2302</b>	<b>387</b>
fase 1	1916	2005	90
fase 2	2006	2095	90
fase 3	2096	2185	90
fase 4	2186	2302	117
<b>Vaca Seca 3</b>	<b>2303</b>	<b>2544</b>	<b>242</b>
fase 1	2303	2544	242
fase 2	0	0	0
<b>Lactancia 4</b>			
fase 1			
fase 2			
fase 3			
fase 4			
<b>Vaca Seca 4</b>			
fase 1			
fase 2			

Cuadro XLIV. Detalle de valores de entrada en la duración de etapas productivas en el escenario: Vaca 4° preñez aborto tardío.

Etapa	Edad de inicio	Edad de término	Duración
<b>Cría</b>	1	73	73
<b>Recría 1</b>	74	180	107
<b>Recría 2</b>	181	730	550
<b>Recría 3</b>	731	1006	276
<b>Lactancia 1</b>	<b>1007</b>	<b>1401</b>	<b>395</b>
fase 1	1007	1096	90
fase 2	1097	1186	90
fase 3	1187	1276	90
fase 4	1277	1401	125
<b>Vaca Seca 1</b>	<b>1402</b>	<b>1464</b>	<b>63</b>
fase 1	1402	1444	43
fase 2	1445	1464	20
<b>Lactancia 2</b>	<b>1465</b>	<b>1853</b>	<b>389</b>
fase 1	1465	1554	90
fase 2	1555	1644	90
fase 3	1645	1734	90
fase 4	1735	1853	119
<b>Vaca Seca 2</b>	<b>1854</b>	<b>1915</b>	<b>62</b>
fase 1	1854	1871	18
fase 2	1872	1915	44
<b>Lactancia 3</b>	<b>1916</b>	<b>2302</b>	<b>387</b>
fase 1	1916	2005	90
fase 2	2006	2095	90
fase 3	2096	2185	90
fase 4	2186	2302	117
<b>Vaca Seca 3</b>	<b>2303</b>	<b>2544</b>	<b>242</b>
fase 1	2303	2544	242
fase 2	0	0	0
<b>Lactancia 4</b>			
fase 1			
fase 2			
fase 3			
fase 4			
<b>Vaca Seca 4</b>			
fase 1			
fase 2			

#### **10.4 Anexo 4. Resultados individuales para las variables temporales, productivas, reproductivas y económicas. Estructura de egresos e ingresos por etapa**

##### Escenario vaquillona aborto temprano

En este escenario el saldo acumulado antes de la primera lactancia fue de US\$ -904,02 con las mismas etapas previas que el escenario base. Estos egresos estuvieron dados por dos principales gastos: 1) la alimentación y 2) la mano de obra. La alimentación fluctuó entre US\$ 61,70 y 479,33, y la mano de obra osciló entre US\$ 5,05 y 42,97. Los egresos en estas etapas además incluyeron las inversiones detalladas más arriba. La duración en días de las etapas fue de 73, 107, 550 y 585 días. El aborto en este escenario ocurrió durante la etapa “Recría 3”, en el día de vida 858. Es decir, el mes 29. El saldo acumulado de la etapa “Lactancia 1” fue de US\$ 66,43 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.989,03) y 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1.079,58) y 2) inversiones (US\$ 876,92). En esta etapa la mayor proporción de egresos estuvo dada por la inversión inicial de las instalaciones y el equipamiento de ordeño (45%). La duración esta etapa fue de 395 días. En la etapa “Vaca Seca 1” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 62,37. La mayor proporción de gastos estuvo dada por la mano de obra (57%, US\$ 35,57). Esta etapa finalizó con un saldo acumulado de US\$ 4,06. Su duración fue de 56 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 2” fue de US\$ 1.101,73 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 2.245,39) y 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos solamente por gastos (US\$ 1.208,73). Aquí la mayor proporción de gastos estuvo dada la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 389 días. Al igual que en la etapa “Vaca Seca 1”, en la etapa “Vaca Seca 2” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 99,20. La mayor proporción de gastos fue por alimentación (54,6%, US\$ 54,16). Esta etapa finaliza con un saldo acumulado de US\$ 1002,53. Su duración fue de 60 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 3” fue de US\$ 2612,89 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1982,70), 2) la venta del ternero, 3) venta de la vaca por descarte (US\$ 600) y 4) recupero de las inversiones (US\$ 704,41) menos los egresos compuestos solamente por gastos (US\$ 1.033,34). Aquí la mayor proporción de gastos estuvo dada por la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 329 días.

##### Escenario vaquillona aborto tardío

En este escenario el saldo acumulado antes de la primera lactancia fue de US\$ -982,01. Estos egresos estuvieron dados por dos principales gastos: 1) la alimentación y 2) la mano de obra. La alimentación fluctuó entre los US\$ 61,70 y 553,07 y la mano de obra osciló entre los US\$ 5,05 y 42,97, cada una dependiendo de la etapa. Los egresos en estas etapas además incluyeron las inversiones detalladas más arriba. La duración en días de las etapas fue de 73, 107, 550 y 675 días respectivamente. El aborto en este escenario ocurrió durante la etapa “Recría 3”, en el día de vida 948. Es decir, el mes 32. El saldo acumulado de la etapa “Lactancia 1” fue de US\$ -11,56 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.989,03) 2) la venta del

ternero, menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1.079,58) y 2) inversiones (US\$ 876,92). En esta etapa la mayor proporción de egresos estuvo dada por la inversión inicial de las instalaciones y el equipamiento de ordeño (45%). La duración esta etapa fue de 395 días. En la etapa “Vaca Seca 1” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 62,37. La mayor proporción de gastos estuvo dada por la mano de obra (57,0% US\$ -35,57). Esta etapa finalizó con un saldo acumulado de US\$ -73,93. La duración esta etapa fue de 56 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 2” fue de US\$ 1.023,73 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 2.245,39), 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1208,73). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada por la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 389 días. Al igual que en la etapa “Vaca Seca 1”, en la etapa “Vaca Seca 2” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 99,20. La mayor proporción de gastos fue por alimentación (54,6% US\$ -54,16). Esta etapa finaliza con un saldo acumulado de US\$ 924,53. La duración esta etapa fue de 60 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 3” fue de US\$ 2.264,20 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.446,35), 2) la venta del ternero, 3) venta de la vaca por descarte (US\$ 600), y 4) recupero de las inversiones (US\$ 717,32) menos los egresos compuestos por gastos (US\$ 767,69). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada por la alimentación (72%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 239 días.

#### Escenario Vaca 2° preñez aborto temprano

En este escenario el saldo acumulado antes de la primera lactancia fue de US\$ -636,25 con las mismas etapas previas que el escenario base. Estos egresos estuvieron dados por dos principales gastos: 1) la alimentación y 2) la mano de obra. La alimentación fluctuó entre US\$ 61,70 y 226,15, y la mano de obra osciló entre US\$ 5,05 y 42,97. Los egresos en estas etapas además incluyeron las inversiones detalladas más arriba. La duración en días de las etapas fue de 73, 107, 550 y 276 días. El aborto en este escenario ocurrió durante la etapa “Lactancia 1”, en el día de vida 1316. Es decir, el mes 44. El saldo acumulado de la etapa “Lactancia 1” fue de US\$ 334,20 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.989,03), 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1.079,58) y 2) inversiones (US\$ 876,92). En esta etapa la mayor proporción de egresos estuvo dada por la inversión inicial de las instalaciones y el equipamiento de ordeño (45%). La duración esta etapa fue de 395 días. En la etapa “Vaca Seca 1” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 269,04. La mayor proporción de gastos estuvo dada por la mano de obra (86,2% US\$ -231,86). Esta etapa finalizó con un saldo acumulado de US\$ 65,16. La duración esta etapa fue de 365 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 2” fue de US\$ 1.162,82 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 2.245,39) 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos solamente por gastos (US\$ 1.208,73). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada por la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 389 días. Al igual que en la etapa “Vaca Seca 1”, en la etapa “Vaca Seca 2” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 99,20. La mayor proporción de gastos fue por alimentación (54,6% US\$ 54,16). Esta etapa finaliza con



un saldo acumulado de US\$ 1.063,62. La duración esta fue de 60 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 3” fue de US\$ 2.673,99 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.982,70), 2) la venta del ternero, 3) venta de la vaca por descarte (US\$ 600) y 4) recupero de las inversiones (US\$ 660,09) menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1033,34). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 329 días.

#### Escenario Vaca 2° preñez aborto tardío

En este escenario el saldo acumulado antes de la primera lactancia fue de US\$ -636,25. Estos egresos estuvieron dados por dos principales gastos: 1) la alimentación y 2) la mano de obra. La alimentación fluctuó entre los US\$ 61,70 y 226,15 y la mano de obra osciló entre los US\$ 5,05 y 42,97, cada una dependiendo de la etapa. Los egresos en estas etapas además incluyeron las inversiones detalladas más arriba. La duración en días de las etapas fue de 73, 107, 550 y 276 días respectivamente. El aborto en este escenario ocurrió durante la etapa “Vaca seca 1”, en el día de vida 1.406. Es decir, el mes 47. El saldo acumulado de la etapa “Lactancia 1” fue de US\$ 334,20 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.989,03) 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1.079,58) y 2) inversiones (US\$ 876,92). En esta etapa la mayor proporción de egresos estuvo dada por la inversión inicial de las instalaciones y el equipamiento de ordeño (45%). La duración esta etapa fue de 395 días. En la etapa “Vaca Seca 1” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 333,67. La mayor proporción de gastos estuvo dada por la mano de obra (86,6% US\$ -289,03). Esta etapa finalizó con un saldo acumulado de US\$ 0,53. La duración esta etapa fue de 455 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 2” fue de US\$ 1.098,19 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 2.245,39), 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1.208,73). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 389 días. Al igual que en la etapa “Vaca Seca 1”, en la etapa “Vaca Seca 2” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 99,20. La mayor proporción de gastos fue por alimentación (54,6% US\$ 54,16). Esta etapa finaliza con un saldo acumulado de US\$ 998,99. La duración esta etapa fue de 60 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 3” fue de US\$ 2.338,65 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.446,35), 2) la venta del ternero, 3) venta de la vaca por descarte (US\$ 600), y 4) recupero de las inversiones (US\$ 660,09) menos los egresos compuestos por gastos (US\$ 767,69). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada por la alimentación (72%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 239 días.

#### Escenario Vaca 3° preñez aborto temprano

En este escenario el saldo acumulado antes de la primera lactancia fue de US\$ -636,25 con las mismas etapas previas que el escenario base. Estos egresos estuvieron dados por dos principales gastos: 1) la alimentación y 2) la mano de obra. La alimentación fluctuó entre US\$ 61,70 y 226,15, y la mano de obra osciló entre US\$ 5,05 y 42,97. Los egresos en estas etapas además incluyeron

las inversiones detalladas más arriba. La duración en días de las etapas fue de 73, 107, 550 y 276 días. El aborto en este escenario ocurrió durante la etapa “Lactancia 2”, en el día de vida 1767. Es decir, el mes 44. El saldo acumulado de la etapa “Lactancia 1” fue de US\$ 334,20 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.989,03), 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1079,58) y 2) inversiones (US\$ 876,92). En esta etapa la mayor proporción de egresos estuvo dada por la inversión inicial de las instalaciones y el equipamiento de ordeño (45%). La duración esta etapa fue de 395 días. En la etapa “Vaca Seca 1” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 75,59. La mayor proporción de gastos estuvo dada por la mano de obra (52,9% US\$ 40,02). Esta etapa finalizó con un saldo acumulado de US\$ 258,61. La duración esta etapa fue de 63 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 2” fue de US\$ 1.356,27 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 2.245,39) 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos solamente por gastos (US\$ 1.208,73). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 389 días. Al igual que en la etapa “Vaca Seca 1”, en la etapa “Vaca Seca 2” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 266,89. La mayor proporción de gastos fue por la mano de obra (86,2% US\$ 229,95). Esta etapa finalizó con un saldo acumulado de US\$ 1.089,38. La duración esta fue de 362 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 3” fue de US\$ 2.699,75 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.982,70), 2) la venta del ternero, 3) venta de la vaca por descarte (US\$ 600) y 4) recupero de las inversiones (US\$ 660,09) menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1.033,34). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 329 días.

### Escenario Vaca 3° preñez aborto tardío

En este escenario el saldo acumulado antes de la primera lactancia fue de US\$ -636,25. Estos egresos estuvieron dados por dos principales gastos: 1) la alimentación y 2) la mano de obra. La alimentación fluctuó entre los US\$ 61,70 y 226,15 y la mano de obra osciló entre los US\$ 5,05 y 42,97, cada una dependiendo de la etapa. Los egresos en estas etapas además incluyeron las inversiones detalladas más arriba. La duración en días de las etapas fue de 73, 107, 550 y 276 días respectivamente. El aborto en este escenario ocurrió durante la etapa “Vaca seca 2”, en el día de vida 1857. Es decir, el mes 61. El saldo acumulado de la etapa “Lactancia 1” fue de US\$ 334,20 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.989,03) 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1.079,58) y 2) inversiones (US\$ 876,92). En esta etapa la mayor proporción de egresos estuvo dada por la inversión inicial de las instalaciones y el equipamiento de ordeño (45%). La duración esta etapa fue de 395 días. En la etapa “Vaca Seca 1” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 75,59. La mayor proporción de gastos estuvo dada por la mano de obra (52,9% US\$ -40,02). Esta etapa finalizó con un saldo acumulado de US\$ 258,61. La duración esta etapa fue de 63 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 2” fue de US\$ 1.356,27 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 2.245,39), 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1.208,73). Aquí la mayor proporción

de egresos estuvo dada la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 389 días. Al igual que en la etapa “Vaca Seca 1”, en la etapa “Vaca Seca 2” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 331,52. La mayor proporción de gastos fue por la mano de obra (86,6% US\$ 287,13). Esta etapa finaliza con un saldo acumulado de US\$ 1024,75. La duración esta etapa fue de 452 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 3” fue de US\$ 2.364,42 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.446,35), 2) la venta del ternero, 3) venta de la vaca por descarte (US\$ 600), y 4) recupero de las inversiones (US\$ 660,09) menos los egresos compuestos por gastos (US\$ 767,69). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada por la alimentación (72%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 239 días.

#### Escenario Vaca 4° preñez aborto temprano

En este escenario el saldo acumulado antes de la primera lactancia fue de US\$ -636,25 con las mismas etapas previas que el escenario base. Estos egresos estuvieron dados por dos principales gastos: 1) la alimentación y 2) la mano de obra. La alimentación fluctuó entre US\$ 61,70 y 226,15, y la mano de obra osciló entre US\$ 5,05 y 42,97. Los egresos en estas etapas además incluyeron las inversiones detalladas más arriba. La duración en días de las etapas fue de 73, 107, 550 y 276 días. El aborto en este escenario ocurrió durante la etapa “Lactancia 3”, en el día de vida 2216. Es decir, el mes 72. El saldo acumulado de la etapa “Lactancia 1” fue de US\$ 334,20 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.989,03), 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1.079,58) y 2) inversiones (US\$ 876,92). En esta etapa la mayor proporción de egresos estuvo dada por la inversión inicial de las instalaciones y el equipamiento de ordeño (45%). La duración esta etapa fue de 395 días. En la etapa “Vaca Seca 1” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 75,59. La mayor proporción de gastos estuvo dada por la mano de obra (52,9% US\$ -40,02). Esta etapa finalizó con un saldo acumulado de US\$ 258,61. La duración esta etapa fue de 63 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 2” fue de US\$ 1.356,27 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 2.245,39) 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos solamente por gastos (US\$ 1.208,73). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 389 días. Al igual que en la etapa “Vaca Seca 1”, en la etapa “Vaca Seca 2” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 102,98. La mayor proporción de gastos fue por la alimentación (55,0%, US\$ 56,66). Esta etapa finalizó con un saldo acumulado de US\$ 1.253,29. La duración esta fue de 62 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 3” fue de US\$ 2.443,32 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 2.332,24), 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1.033,34). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 387 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Vaca Seca 3” fue de US\$ 2.862,60 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) venta de la vaca por descarte (US\$ 600) y 2) recupero de las inversiones (US\$ 660,09) menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 180,72). Aquí la mayor

proporción de egresos estuvo dada por la mano de obra (85,1%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 242 días.

#### Escenario Vaca 4° preñez aborto tardío

En este escenario el saldo acumulado antes de la primera lactancia fue de US\$ -636,25. Estos egresos estuvieron dados por dos principales gastos: 1) la alimentación y 2) la mano de obra. La alimentación fluctuó entre los US\$ 61,70 y 226,15 y la mano de obra osciló entre los US\$ 5,05 y 42,97, cada una dependiendo de la etapa. Los egresos en estas etapas además incluyeron las inversiones detalladas más arriba. La duración en días de las etapas fue de 73, 107, 550 y 276 días respectivamente. El aborto en este escenario ocurrió durante la etapa “Vaca seca 3”, en el día de vida 2306. Es decir, el mes 75. El saldo acumulado de la etapa “Lactancia 1” fue de US\$ 334,20 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 1.989,03) 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1079,58) y 2) inversiones (US\$ 876,92). En esta etapa la mayor proporción de egresos estuvo dada por la inversión inicial de las instalaciones y el equipamiento de ordeño (45%). La duración esta etapa fue de 395 días. En la etapa “Vaca Seca 1” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 75,59. La mayor proporción de gastos estuvo dada por la mano de obra (52,9% US\$ -40,02). Esta etapa finalizó con un saldo acumulado de US\$ 258.61. La duración esta etapa fue de 63 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 2” fue de US\$ 1.356,27 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 2245,39), 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos por 1) gastos (US\$ 1.208,73). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 389 días. Al igual que en la etapa “Vaca Seca 1”, en la etapa “Vaca Seca 2” no hubo ingresos y los egresos estuvieron compuestos solamente por gastos, siendo US\$ 102,98. La mayor proporción de gastos fue por la alimentación (55,0% US\$, 56,66). Esta etapa finaliza con un saldo acumulado de US\$ 1.253,29. La duración esta etapa fue de 62 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Lactancia 3” fue de US\$ 2.443,32 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) la producción láctea (US\$ 2.332.24), 2) la venta del ternero, menos los egresos compuestos por gastos (US\$ 1.203,22). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada por la alimentación (73%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 387 días. El saldo acumulado al final de la etapa “Vaca seca 3” fue de US\$ 2.862,60 y estuvo conformado por los ingresos derivados de 1) venta de la vaca por descarte (US\$ 600) y 2) recupero de las inversiones (US\$ 660,09) menos los egresos compuestos por los gastos (US\$ 180,72). Aquí la mayor proporción de egresos estuvo dada por la mano de obra (85,1%) y no hubo nuevas inversiones. La duración esta etapa fue de 242 días.

## 11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguado-Martínez A, Alvarez-Garcia G, Fernández-García A, Risco-Castillo V, Arnaiz-Seco I, Rebordosa-Trigueros X, Navarro-Lozano V, Ortega-Mora LM. (2008). Usefulness of rNcGRA7-and rNcSAG4-based ELISA tests for distinguishing primo-infection, recrudescence, and chronic bovine neosporosis. *Vet Parasitol* 157(3): 182-195.
2. Alacid M. (2001). Descripción epidemiológica del Síndrome Abortivo Bovino en rebaños sometidos a monitoreo por el Servicio Agrícola y Ganadero en ocho comunas de la Provincia de Valdivia, período 1999-2001. Tesis de Grado. Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
3. Albuja C, Ortiz O, López C, Hernández-Cerón, J. (2019). Economic impact of pregnancy loss in an intensive dairy farming system. *Vet Mex*, 6(1), 1-8.
4. Almería S, López-Gatius F. (2013). Bovine neosporosis: clinical and practical aspects. *Res Vet Sci* 95(2): 303-309.
5. Almería S. (2013). *Neospora caninum* and Wildlife. *ISRN Parasitol* (947347): 1-23.
6. Anderson M, Andrianarivo A, Conrad P. (2000). Neosporosis in Cattle. *Anim Reprod Sci* 60-61:417-431.
7. Anderson ML, Blanchard PC, Barr BC, Hoffman RL. (1990). A survey of causes of bovine abortion occurring in the San Joaquin Valley, California. *J Vet Diagn Invest* 2(4):283-287.
8. Anderson ML, Palmer CW, Thurmond MC, Picanso JP, Blanchard PC, Breitmeyer RE, Layton AW, McAllister M, Daft B, Kinde H, Read DH, Dubey JP, Conrad PA, Barr BC. (1995). Evaluation of abortions in cattle attributable to neosporosis in selected dairy herds in California. *J Am Vet Med* 207:1206-1210.
9. Anderson, ML. (2007). Infectious causes of bovine abortion during mid-to late-gestation. *Theriogenology* 68(3): 474-486.
10. Ansari-Lari M, Rowshan-Ghasrodashti A, Jesmani H, Masoudian M, Badkoobeh M. (2017). Association of *Neospora caninum* with reproductive performance in dairy cows: A prospective study from Iran. *Vet Res Forum* 8(2): 109-114.
11. Antoniassi NAB, Juffo GD, Santos AS, Pescador CA, Corbellini LG, Driemeier D. (2013). Causas de aborto bovino diagnosticadas no Setor de Patologia Veterinária da UFRGS de 2003 a 2011. *Pesqui Vet Bras* 33(2):155-160.
12. Arduino GDGC, Girio RJS, Magajevski FS, Pereira GT. (2009). Agglutinating antibody titers induced by commercial vaccines against bovine leptospirosis. *Pesqui Vet Bras* 29(7):575-582.
13. Asmare K, Regassa F, Robertson LJ, Skjerve E. (2013). Seroprevalence of *Neospora caninum* and associated risk factors in intensive or semi-intensively managed dairy and breeding cattle of Ethiopia. *Vet Parasitol* 193(1-3): 85-94.
14. Atashi H, 2011. Factors affecting stillbirth and effects of stillbirth on subsequent lactation performance in a Holstein dairy herd in Isfahan. *Iran J Vet Res* 12(34):24-30.
15. Bañales P, Easton C, Haritani M, Kashiwazaki Y, Paullier C, Pizzorno M. (1999). Aborto Bovino por *Neospora caninum* en el Uruguay: Primeros diagnósticos. *Veterinaria Montevideo* 34: 28-32.
16. Bañales P, Fernandez L, Repiso MV, Gil A, Dargatz DA, Osawa T. (2006). A nationwide survey on seroprevalence of *Neospora caninum* infection in beef cattle in Uruguay. *Vet Parasitol* 139(1): 15-20.

17. Barber JS, Gasser RB, Ellis J, Reichel, MP, Trees AJ. (1997). Prevalence of antibodies to *Neospora caninum* in different canid populations. *J Parasitol* 83:1056-1058.
18. Bărburaș D, Györke A, Ionică AM, Bărburaș R, Mircean V, Cozma V. (2019). Evidence of *Neospora caninum* infection in buffaloes (*Bubalus bubalis*) from Northwestern Romania. *Parasitol Res* 118(5):1667-1671.
19. Barling KS, McNeill JW, Paschal JC, McCollum III FT, Craig TM, Adams LG, Thompson JA. (2001). Ranch-management factors associated with antibody seropositivity for *Neospora caninum* in consignments of beef calves in Texas, USA. *Prev Vet Med* 52(1): 53-61.
20. Barling KS, Sherman M, Peterson MJ, Thompson JA, McNeill JW, Craig TM, Adams LG. (2000). Spatial associations among density of cattle, abundance of wild canids, and seroprevalence to *Neospora caninum* in a population of beef calves. *J Am Vet Med* 217(9): 1361-1365.
21. Barr B, Bjerkås I, Buxton D, Conrad P, Dubey J, Ellis J, Jenkins M, Johnston S, Lindsay D, Sibley D, Trees A, Wouda W. (1997). Neosporosis. Report of the international *Neospora* workshop. *Parasitology*. 19:120-126.
22. Barr BC, Anderson ML. (1993) Infectious diseases causing bovine abortion and fetal loss. *Vet Clin N Am - Food Anim Pract* 9(2):343-368.
23. Bartels C, Wouda W, Schukken H. (1999). Risk factors for *Neospora caninum*-associated abortion storms in dairy herds in the Netherlands (1995 to 1997). *Theriogenology*. 52:247-257.
24. Bartels CJ, Huinink I, Beiboer ML, van Schaik G, Wouda W, Dijkstra T, Stegeman A. (2007). Quantification of vertical and horizontal transmission of *Neospora caninum* infection in Dutch dairy herds. *Vet Parasitol* 148(2):83-92.
25. Bartels CJM, Hogeveen H, van Schaik G, Wouda W, Dijkstra Th. (2006). Estimated economic losses due to *Neospora caninum* infection in dairy herds with and without a history of *Neospora caninum* associated abortion epidemics. *SVEPM Ann Meet*, 29-31, March, Devon, United Kingdom, p. 191–201.
26. Bartels CJM, Santman-Berends IMG, Dijkstra Th, Wouda W. (2009). Simulating control strategies for *Neospora caninum* infection in Dutch dairy herds. *Proceedings of the 12th International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics (ISVEE)*, 10-14, August, Durban, South Africa, p. 420.
27. Bartels CJM, van Schaik G, Veldhuisen JP, van den Borne BHP, Wouda W, Dijkstra T. (2006). Effect of *Neospora caninum*-serostatus on culling, reproductive performance, and milk production in Dutch dairy herds with and without a history of *Neospora caninum*-associated abortion epidemics. *Prev Vet Med* 77:186-198.
28. Bartels CJM, Wouda W, Schukken YH. (1999). Risk factors for *Neospora caninum*-associated abortion storms in dairy herds in The Netherlands (1995 to 1997). *Theriogenology*. 52(2): 247-257.
29. Baquero F, Díaz B, Vinuesa P. (2022). Estudio de la neosporosis en bovinos de la provincia de Chimborazo, Ecuador. *Rev Inv Cs Agro y Vet*, 6(17), 224-238.
30. Baumol WJ, and Quandt RE. (1964). Rules of thumb and optimally imperfect decisions. *Am Econ Rev* 54:23-46.

31. Bennett RM, Christiansen K, Clifton-Hadley RS. (1999). Estimating the costs associated with endemic diseases of dairy cattle. *J Dairy Res* 66:455-459.
32. Berra, G., Osacar, G. (2012). Costos en crianza y recría de terneras de tambo [WWW Document]. URL <https://inta.gob.ar/documentos/presentacion-costos-en-crianza-y-recria-de-terneras-de-tambo>
33. Björkman C, Ugglá A. (1999). Serological diagnosis of *Neospora caninum* infection. *Int J Parasitol* 29(10): 1497-1507.
34. BonDurant RH. (2007). Selected diseases and conditions associated with bovine conceptus loss in the first trimester. *Theriogenology*. 68(3):461-473.
35. Boulton AC, Rushton J, Wathes DC. (2017). An empirical analysis of the cost of rearing dairy heifers from birth to first calving and the time taken to repay these costs. *Animal*. 11(8):1372-1380.
36. Briano-Rodríguez C., Romero A, Llambí S, Sica AB, Rodríguez MTF, Giannitti, F., Caffarena RD, Schild CO, Casaux ML, Quintela FD. (2021). Lethal and semi-lethal mutations in Holstein calves in Uruguay. *Cienc Rural*, 51(7).
37. Buxton D, Mcallister M, Dubey JP. (2002). The comparative pathogenesis of neosporosis. *Trends Parasitol* 18:546-552.
38. Cabrera VE, Contreras F, Shaver RD, Armentano LE. (2012a). Grouping strategies for feeding lactating dairy cattle. *Proceedings Four-State Dairy Nutrition and Management Conference.*, 13-14, June, Dubuque, IA. pp. 40-44.
39. Cabrera VE. (2012b). A simple formulation and solution to the replacement problem: A practical tool to assess the economic cow value, the value of a new pregnancy, and the cost of a pregnancy loss. *J. Dairy Sci.* 95:4683-4698.
40. Caffarena RD. (2021). Causas de diarrea neonatal y mortalidad de terneros en tambos de Uruguay, caracterización de especies y subtipos zoonóticos de *Cryptosporidium* y estimación de pérdidas económicas nacionales por mortalidad de terneras lecheras. Tesis de Doctorado, Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo, Uruguay.
41. Caldow GL. (1998). Bovine abortion outbreak associated with *Neospora* and other infectious agents. *Vet Rec* 142(5):118-119.
42. Campero C.M., Moore D.P., Odeón A.C., Cipolla A.L. & Odriozola E. (2003). Aetiology of bovine abortion in Argentina. *Vet Res Commun* 27(5):359-369.
43. Campero CM, Cantón GJ, Moore DP. (2017). Abortos y otras pérdidas reproductivas en bovinos: diagnóstico y control. Ed. Hemisferio sur 1<sup>st</sup> Ed, Ciudad autónoma de Buenos Aires.
44. Campero LM, Moreno-Gonzalo J, Venturini MC, Moré G, Dellarupe A, Rambeaud M, Echaide IE, Valentini B, Campero CM, Moore DP, Cano DB, Fort M, Mota RA, Serrano-Martínez ME, Cruz-Vázquez CC, Ortega-Mora LM, Álvarez-García G. (2018). An Iber-American inter-laboratory trial to evaluate serological tests for the detection of anti-*Neospora caninum* antibodies in cattle. *Trop Anim Health Prod* 50:75-84.
45. Canada N, Carvalheira J, Meireles CS, Correia da Costa JM, Rocha A. (2004). Prevalence of *Neospora caninum* infection in dairy cows and its consequences for reproductive management. *Theriogenology*. 62:1229-35.

46. Cantón GJ, Moreno F, Fiorentino MA, Hecker YP, Spetter M, Fiorani F, Monterubbianesi MG, García JA, Altamiranda EG, Cirone KM, Louge Uriarte EL, Verna AE, Marin M, Cheuquepán F, Malena R, Morsella C, Paolicchi FA, Morrell EL, Moore DP. (2022). Spatial-temporal trends and economic losses associated with bovine abortifacients in central Argentina. *Trop Anim Health Prod* 54(4):242.
47. Capuco AV, Akers RM, Smith JJ. (1997). Mammary growth in Holstein cows during the dry period: quantification of nucleic acids and histology. *J Dairy Sci* 80:477-487.
48. Carpenter TE. (1988). Microcomputer programs for Markov and modified Markov chain disease models. *Prev Vet Med* 5:169-179.
49. Cedeño Q, Benavides B. (2013). Seroprevalence and risk factors associated to *Neospora caninum* in dairy cattle herds in the municipality of Pasto, Colombia. *Rev MVZ Cordoba*. 18(1): 3311-3316.
50. Changoluisa D, Rivera-Olivero IA, Echeverria G, Garcia-Bereguain MA, de Waard JH. (2019). Working group “Applied Microbiology” of the School of Biological Sciences and Engineering at Yachay Tech University. Serology for Neosporosis, Q fever and Brucellosis to assess the cause of abortion in two dairy cattle herds in Ecuador. *BMC Vet Res* 15(1):194.
51. Chi J, VanLeeuwen JA, Weersink A, Keefe GP. (2002). Direct production losses and treatment costs from bovine viral diarrhoea virus, bovine leukosis virus, *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis, and *Neospora caninum*. *Prev Vet Med* 55:137-153.
52. Clothier K, Anderson M. (2016). Evaluation of bovine abortion cases and tissue suitability for identification of infectious agents in California diagnostic laboratory cases from 2007 to 2012. *Theriogenology*. 85(5), 933-938.
53. Cobo A, Pacheco J, Freire A, Gurgitano J. (1999). 1º Diagnóstico de Aborto Bovino asociado a *Neospora caninum* en Uruguay. *Prácticas Veterinarias* 2:5-6.
54. Conrad P, Anderson ML, Barr BC. (1995). Neosporosis: A Newly Recognized Cause of Abortion in Dairy Cattle. 2<sup>nd</sup> Western Large Herd Dairy Management Conference. Las Vegas. April 6-8, p. 62-68.
55. Corbellini LG, Pescador CA, Frantz F, Wunder E, Steffen D, Smith DR, Driemeier D. (2006). Diagnostic survey of bovine abortion with special reference to *Neospora caninum* infection: importance, repeated abortion, and concurrent infection in aborted fetuses in Southern Brazil. *Vet J* 172(1):114-120.
56. Corbellini LG, Smith DR, Pescador CA, Schmitz M, Correa A, Steffen DJ, Driemeier D. (2006). Herd-level risk factors for *Neospora caninum* seroprevalence in dairy farms in southern Brazil. *Prev Vet Med* 74(2-3): 130-141.
57. Da Silva C. (2019). Enfermedades infecciosas que causan abortos en bovinos con enfoque en rodeos lecheros de Uruguay. Tesis de Doctorado, Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo, Uruguay.
58. Davison HC, Otter A, Trees AJ. (1999). Estimation of vertical and horizontal transmission parameters of *Neospora caninum* infections in dairy cattle. *Int J Parasitol* 29(10): 1683-1689
59. de Barros LD, Miura AC, Minutti AF, Vidotto O, Garcia JL. (2018). *Neospora caninum* in birds: A review. *Parasitol Int* 67: 397-402.
60. De Vries A. (2006). Economic value of pregnancy in dairy cattle. *J Dairy Sci* 89(10): 3876-3885.



61. Dekkers JCM, Ten Hag JH, Weersink A. (1998). Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livest Prod Sci* 53:237-252.
62. DeLorenzo MA, Spreen TH, Ryan GR, Beede DK, Van Arendonk JAM. (1992). Optimizing model: Insemination, replacement, seasonal production, and cash flow. *J Dairy Sci* 75:885-896.
63. Dent JB, Blackie MJ. (1979). *System Simulation in Agriculture*. Applied Science Publisher Ltd. 1<sup>st</sup> Ed, London.
64. DIEA. Anuario Estadístico Agropecuario – MGAP (2015). Disponible online en: <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Documentos%20compartidos/Anuario2015/DIEA-Anuario2015-01web.pdf>
65. DIEA. Anuario Estadístico Agropecuario – MGAP (2020). Disponible online en: <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2020/ANUARIO2020.pdf>
66. DIEA. Anuario Estadístico Agropecuario – MGAP (2022). Disponible online en: [https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2022/O MGAP Anuario estad% C3%ADstico %202022-DIGITAL.pdf](https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2022/O%20MGAP%20Anuario%20estad%C3%ADstico%202022-DIGITAL.pdf)
67. DIEA. Estadísticas del Sector Lácteo 2018 – MGAP (2019). Disponible online en: [https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/informe\\_final\\_2018.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/informe_final_2018.pdf)
68. Dijkhuizen AA, Huirne RBM, Jalvingh AW, Stelwagen J. (1997b). Economic Impact of Common Health and Fertility. En: Dijkhuizen AA., Morris RS (Eds). *Animal Health Economics: Principles and Applications*. Post-Graduate Foundation in Veterinary Science University of Sydney. 1st Ed. Sydney South, Capítulo 4, pp. 41-55.
69. Dijkhuizen AA, Huirne RBM, Jalvingh AW. (1995). Economic analysis of animal diseases and their control. *Prev Vet Med* 25(2):135-149.
70. Dijkhuizen AA, Huirne RBM, Morris RS. (1997a). Economic Decision Making in Animal Health Management. En: Dijkhuizen AA., Morris RS (Eds). *Animal Health Economics: Principles and Applications*. Post-Graduate Foundation in Veterinary Science University of Sydney. 1st Ed. Sydney South, Capítulo 2, pp. 13-23.
71. Dijkhuizen AA, Jalvingh AW, Huirne RBM. (1997c). Critical Steps in System Simulation. En: Dijkhuizen AA., Morris RS (Eds). *Animal Health Economics: Principles and Applications*. Post-Graduate Foundation in Veterinary Science University of Sydney. 1st Ed. Sydney South, Capítulo 5, pp. 59-66.
72. Dijkhuizen AA. (1989). Epidemiological and economic evaluation of foot and mouth disease control strategies in the Netherlands. *Neth J Agri Sci* 37:1-12.
73. Dijkstra T, Barkema H, Hesselink J, Wouda W. (2002). Point source exposure of cattle to *Neospora caninum* consistent with periods of common housing and feeding and related to the introduction of a dog. *Vet Parasitol* 105:89-98.
74. Dijkstra T, Barkema HW, Eysker M, Beiboer ML, Wouda W. (2003). Evaluation of a single serological screening of dairy herds for *Neospora caninum* antibodies. *Vet Parasitol* 110(3): 161-169.
75. Dijkstra T, Eysker M, Schares G, Conraths FJ, Wouda W, Barkema HW. (2001). Dogs shed *Neospora caninum* oocysts after ingestion of naturally infected bovine placenta but

- not after ingestion of colostrum spiked with *Neospora caninum* tachyzoites. Int J Parasitol. 31:747-752.
76. Donahoe SL, Lindsay SA, Krockenberger M, Phalen D, Šlapeta J. (2015). A review of neosporosis and pathologic findings of *Neospora caninum* infection in wildlife. Int J Parasitol Parasites Wildl 4(2):216-238.
  77. Doncel B. (2022). Descarte de vacas en rodeos lecheros de Uruguay y diagnóstico de dos enfermedades no descritas en vacas lecheras del país. Tesis de Doctorado, Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo, Uruguay.
  78. Dubey JP, Barr B, Barta J, Bjerkäs I, Björkman C, Blagburn B, Bowman D, Buxton D, Ellis J, Gottstein B, Hemphill A, Hill D, Howe D, Jenkins M, Kobayashi Y, Koudela B, Marsh A, Mattson J, Mcallister M, Modrý D, Omata Y, Sibley L, Speer C, Trees A, Uggla A, Upton S, Williams D, Lindsay D. (2002). Redescription of *Neospora caninum* and its differentiation from related coccidia. Int J Parasitol 32:929-946.
  79. Dubey JP, Buxton D, Wouda W. (2006). Pathogenesis of bovine neosporosis. J Comp Pathol 134(4): 267-289.
  80. Dubey JP, Carpenter JL, Speer CA, Topper MJ, Uggla ANDA. (1988). Newly recognized fatal protozoan disease of dogs. J Am Vet Med 192(9):1269-1285.
  81. Dubey JP, Hemphill A, Calero-Bernal R, Schares G. (2017). Neosporosis in animals. CRC Press 1<sup>st</sup> Ed. Boca Raton, Florida.
  82. Dubey JP, Lindsay DS. (1996). A review of *Neospora caninum* and neosporosis. Vet Parasitol 67(1-2):1-59.
  83. Dubey JP, Schares G, Ortega-Mora LM. (2007). Epidemiology and control of neosporosis and *Neospora caninum*. Clin Microbiol Rev 20(2):323-367.
  84. Dubey JP, Schares G. (2006). Diagnosis of bovine neosporosis. Vet Parasitol 140(1-2): 1-34.
  85. Dubey JP, Schares G. (2011). Neosporosis in animals - the last five years. Vet Parasitol 180:90-108.
  86. Dubey JP. (1999). Recent advances in Neospora and neosporosis. Vet Parasitol 84(3-4):349-367.
  87. Dubey JP. (2003). Review of *Neospora caninum* and Neosporosis in animals. Korean J Parasitol 41(1):1-16.
  88. Dubovi EJ. (1994). Impact of bovine viral diarrhea virus on reproductive performance in cattle. Vet Clin North Am Food Anim Pract 10(3):503-514.
  89. Duong MC, Alenius S, Huong LT, Björkman C. (2008). Prevalence of *Neospora caninum* and bovine viral diarrhoea virus in dairy cows in Southern Vietnam. Vet J 175(3): 390-394.
  90. Easton C, Paullier C, Bañales P. (2003). Aborto bovino: casuística y optimización del diagnóstico en la DILAVE “Miguel C. Rubino”, Uruguay. Veterinaria (Montevideo). 38:25-30.
  91. Easton C. (2006) Estudio patológico de las principales causas infecciosas en el aborto bovino en Uruguay. Tesis de Maestría, Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo, Uruguay.
  92. Eicker S, Fetrow J. (2003). New tools for deciding when to replace used dairy cows. Proc. Kentucky Dairy Conf. March. 12, Cave City, Lexington. pp 33-46.

93. Ekici OD, Isik N, Sayin Z, Coskun A, Sajid MS. (2018). Serosurveillance of *Neospora caninum* and *Brucella* species in Dairy Cattle of Konya, Turkey. *Int J Agric Biol* 20(4):711-714.
94. El-Tarabany MS. (2015). Impact of stillbirth and abortion on the subsequent fertility and productivity of Holstein, Brown Swiss, and their crosses in subtropics. *Trop Anim Health Prod* 47:1351-1356.
95. Evermann JF. (1982). Advances in the diagnosis of infectious bovine abortion. *Bov Pract.* 17:36-38.
96. FAO (Food and Agriculture Organization). Situación de la lechería en América Latina y el Caribe. Federación Panamericana de Lechería (FEPALE), 2001. Disponible online en: [https://fepale.org/site/wp-content/uploads/2021/04/Informe\\_Observatorio\\_Cadela\\_Lactea\\_ALC\\_2011.pdf](https://fepale.org/site/wp-content/uploads/2021/04/Informe_Observatorio_Cadela_Lactea_ALC_2011.pdf)
97. Fariña SR, Chilbroste P. (2019). Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: The case of farm systems in Uruguay. *Agric Syst* 176(2019):102631.
98. Fávero JF, Da Silva AS, Campigotto G, Machado G, de Barros LD, Garcia JL, Vogel FF, Mendes RE, Stefani LM. (2017). Risk factors for *Neospora caninum* infection in dairy cattle and their possible cause-effect relation for disease. *Microb Pathog* 110:202-207.
99. Fereig RM, AbouLaila MR, Mohamed SG, Mahmoud HY, Ali AO, Ali AF, Hilali M, Zaid A, Mohamed AEA, Nishikawa Y. (2016). Serological detection and epidemiology of *Neospora caninum* and *Cryptosporidium parvum* antibodies in cattle in southern Egypt. *Acta Tropica.* 162:206-211.
100. Fernández ME, Campero CM, Morrell E, Cantón GJ, Moore DP, Cano A, Malena R, Odeón AC, Paolicchi F, Odriozola ER. (2007). Pérdidas reproductivas en bovinos causadas por abortos, muertes prematuras, natimortos y neonatos: casuística del período 2006-2007. *Rev Med Vet* 88(6):246-254.
101. French NP, Clancy D, Davison HC, Trees AJ. (1999). Mathematical models of *Neospora caninum* infection in dairy cattle: transmission and options for control. *Int J Parasitol* 29(10):1691-1704.
102. Frössling J, Bonnett B, Lindberg A, Björkman C. (2003). Validation of a *Neospora caninum* iscom ELISA without a gold standard. *Prev Vet Med* 57(3):141-153.
103. Furtado A, Rosadilla D, Cattáneo M, Bermúdez J, Puentes R. (2011). Ocorrência de anticorpos anti-*Neospora caninum* em pequenas propriedades leiteiras do Uruguai. *Cienc Rural* 41(4): 673–675.
104. Gädicke P, Monti G. (2008). Aspectos epidemiológicos y de análisis del síndrome de aborto bovino. *Arch Med Vet* 40(3): 223-234.
105. Gädicke P, Vidal R, Monti G. (2010). Economic effect of bovine abortion syndrome in commercial dairy herds in Southern Chile. *Prev Vet Med*, 97(1), 9–19.
106. Ghalmi F, China B, Ghalmi A, Hammitouche D, Losson B. (2012). Study of the risk factors associated with *Neospora caninum* seroprevalence in Algerian cattle populations. *Res Vet Sci* 93(2):655-661.
107. Giannitti F, Aráoz V, da Silva Silveira C, Francia ME, Robello C, Cabrera A. (2022). A Holstein heifer infected with *Neospora caninum* NcUru3 congenitally transmits

- this strain to a viable offspring although infection does not protect her from aborting by a different *N. caninum* genotype in the subsequent gestation. *Front Vet Sci* 9, 889157.
108. Giannitti F, da Silva Silveira C, Bullock H, Berón M, Fernández-Ciganda S, Benítez-Galeano MJ, Rodríguez-Osorio N, Silva-Flannery L, Perdomo Y, Cabrera A, Puentes R, Colina R, Ritter JM, Castells M. (2022). Bovine Polyomavirus-1 (Epsilonpolyomavirus bovis): An emerging fetal pathogen of cattle that causes renal lesions resembling Polyomavirus-Associated nephropathy of humans. *Viruses* 14(9), 2042.
  109. Gindri PC, Mion B, Pradieé J, Bialves TS, Souza GND, Dellagostin OA, Schneider A, Pegoraro LMC. (2018). Seroprevalence estimate and associated risk factors for neosporosis in dairy cattle in the northwest region of Rio Grande do Sul State, Brazil. *Cienc Rural* 48(7).
  110. Givens MD, Marley MSD. (2008). Infectious causes of embryonic and fetal mortality. *Theriogenology*. 70(3):270-285.
  111. Gondim L, Sartor I, Hasegawa M, Yamane I. (1999). Seroprevalence of *Neospora caninum* in dairy cattle in Bahia, Brazil. *Vet Parasitol* 86:71-75.
  112. Gondim LFP, McAllister MM, Mateus-Pinilla NE, Pitt WC, Mech LD, Nelson ME. (2004). Transmission of *Neospora caninum* between wild and domestic animals. *J Parasitol* 90(6):1361-1365.
  113. Goodswen SJ, Kennedy PJ, Ellis JT. (2013). A review of the infection, genetics, and evolution of *Neospora caninum*: from the past to the present. *Infect Genet Evol* 13:133-150.
  114. Grimard B, Freret S, Chevallier A, Pinto A, Ponsart C, Humblot P. (2006). Genetic and environmental factors influencing first service conception rate and late embryonic/foetal mortality in low fertility dairy herds. *Anim Reprod Sci* 91(1-2): 31-44.
  115. Groenendaal H, Galligan DT, Mulder HA. (2004). An economic spreadsheet model to determine optimal breeding and replacement decisions for dairy cattle. *J Dairy Sci* 87:2146-2157.
  116. Guerrero H. (2019a). Modeling and Simulation: Part I. En: Guerrero H (Ed). *Excel Data Analysis: Modeling and Simulation.. Springer Nature Switzerland* 2<sup>nd</sup> Ed. Cham, Capítulo 7, pp. 225-261.
  117. Guerrero H. (2019b). Modeling and Simulation: Part II. En: Guerrero H (Ed). *Excel Data Analysis: Modeling and Simulation.. Springer Nature Switzerland* 2<sup>nd</sup> Ed. Cham, Capítulo 8, pp. 265-307.
  118. Guido S, Katzer F, Nanjiani I, Milne E, Innes EA. (2016). Serology-based diagnostics for the control of bovine neosporosis. *Trends Parasitol* 32(2):131-143.
  119. Guimaraes JS, Souza SLP, Bergamaschi DP, Gennari SM. (2004). Prevalence of *Neospora caninum* antibodies and factors associated with their presence in dairy cattle of the north of Parana state, Brazil. *Vet Parasitol* 124:1-8.
  120. Gulliksen SM, Lie KI, Østerås O. (2009). Calf health monitoring in Norwegian dairy herds. *J Dairy Sci* 92(4):1660-1669.
  121. Guy CS, Williams DJ, Kelly DF, McGarry JW, Guy F, Björkman C, Smith RF, Trees AJ. (2001). *Neospora caninum* in persistently infected, pregnant cows: spontaneous transplacental infection is associated with an acute increase in maternal antibody. *Vet Rec* 149(15):443-449.

122. Hall CA, Reichel MP, Ellis JT. (2005). *Neospora* abortions in dairy cattle: diagnosis, mode of transmission and control. *Vet Parasitol* 128(3-4):231-241.
123. Häsler B, Regula G, Stärk KD, Sager H, Gottstein B, Reist M. (2006a). Financial analysis of various strategies for the control of *Neospora caninum* in dairy cattle in Switzerland. *Prev Vet Med* 77:230-253.
124. Häsler B, Stärk KD, Sager H, Gottstein B, Reist M. (2006b). Simulating the impact of four control strategies on the population dynamics of *Neospora caninum* infection in Swiss dairy cattle. *Prev Vet Med* 77:254-283.
125. Hemphill A, Müller J. (2015). Vaccines and drugs against *Neospora caninum*, an important apicomplexan causing abortion in cattle and other farm animals. *Reports in Parasitology*. 2015(4):31-41.
126. Hernandez J, Risco C, Donovan A. (2001). Association between exposure to *Neospora caninum* and milk production in dairy cows. *J Am Vet Med* 219:632-635.
127. Hervé-Claude L, Lavado A, Rivera O, Navarrete-Talloni M, Hamilton-West M. (2017). Seroprevalence and risk factors for *Neospora caninum* in small dairy farms in central Chile. *Rev MVZ Córdoba*. 22(1): 5666-5673.
128. Hobson JC, Duffield TF, Kelton D, Lissemore K, Hietala SK, Leslie KE, McEwen B, Peregrine AS. (2002). Risk factors associated with *Neospora caninum* abortion in Ontario Holstein dairy herds. *Vet Parasitol* 127(3-4):177-188.
129. Holmann FJ, Shumway CR, Blake RW, Schwart RB, Sudweeks EM. (1984). Economic value of days open for Holstein cows of alternative milk yields with varying calving intervals. *J Dairy Sci* 67:636-643.
130. Hubbert WT, Booth GD, Bolton WD, Dunne HW, McEntee K, Smith RE, Tourtellotte ME. (1973). Bovine abortions in five Notheastern states, 1960-1970: Evaluation of diagnostic laboratory data. *The Cornell Veterinarian*. 63:291-316.
131. Huirne RBM, Dijkhuizen AA. (1997). Basic Methods of Economic Analysis. En: Dijkhuizen AA., Morris RS (Eds). *Animal Health Economics: Principles and Applications*. Post-Graduate Foundation in Veterinary Science University of Sydney 1st Ed. Sydney South, Capítulo 3 pp. 25-39.
132. Humblot P. (2001). Use of pregnancy specific proteins and progesterone assays to monitor pregnancy and determine the timing, frequencies, and sources of embryonic mortality in ruminants. *Theriogenology*. 56(9):1417-1433.
133. Illanes O, Moore A, Pringle J, Saindon A. (1994). *Neospora*-induced congenital myelitis and polyradiculoneuritis in a one -month-old Holstein calf. *Can Vet J* 35(10):653-654.
134. INAC. Instituto Nacional de Carnes (2023). “Precios de vacas gordas en pie”. Disponible online en: <https://www.inac.uy/inac/diae/precio.html>
135. INALE. (2014). Instituto Nacional de la Leche “Encuesta Lechera”. Disponible online en: <https://www.inale.org/estadisticas/encuesta-2019-resultados-definitivos-agrupados/>
136. INALE. (2016). Situación y perspectivas de la lechería uruguaya. Disponible online en: <https://www.inale.org/wp-content/uploads/2016/12/Situaci%C3%B3n-y-perspectivas-lecher%C3%ADa-uruguaya-2016.pdf>

137. INALE. (2018). Situación y perspectivas de la lechería uruguaya. Disponible online en: <https://www.inale.org/wp-content/uploads/2019/06/Situaci%C3%B3n-y-perspectivas-lecher%C3%ADa-uruguaya-2018.pdf>
138. INALE. (2020). Situación y perspectivas de la lechería uruguaya. Disponible online en: <https://www.inale.org/wp-content/uploads/2021/06/Situacion-y-Perspectivas-lecheria-uruguaya-2020-3.pdf>
139. INALE. (2021). Situación y perspectivas de la lechería uruguaya. Disponible online en: <https://www.inale.org/wp-content/uploads/2022/05/Situacionyperspectivasversionfinal.pdf>
140. INALE. (2022). Instituto Nacional de la Leche “Encuesta Lechera 2019: Resultados preliminares”. Disponible online en: <https://www.inale.org/estadisticas/encuesta-lechera-2019-resultados-preliminares/>
141. Innes EA, Buxton D, Maley S, Wright S, Marks J, Esteban I, Rae A, Schock A, Wastling J. (2000). Neosporosis. Aspects of epidemiology and host immune response. *Ann NY Acad Sci* 916:93-101.
142. Innes EA. (2007). The host-parasite relationship in pregnant cattle infected with *Neospora caninum*. *Parasitology* 134(13):1903-1910.
143. Inpankaew T, Jittapalapong S, Mitchell TJ, Sununta C, Igarashi I, Xuan X. 2014. Seroprevalence of *Neospora caninum* infection in dairy cows in Northern provinces, Thailand. *Acta Parasitol* 59(2):305-9.
144. James A. (2009). Modelling and the Generation of Information. In: Rushton J (Ed). *The Economics of Animal Health and Production*. CAB International 1st Ed. Oxfordshire, Capítulo 8, pp. 107-110.
145. Jensen AM, Björkman C, Kjeldsen AM, Wedderkopp A, Willadsen C, Ugglå A, Lind P. (1999). Associations of *Neospora caninum* seropositivity with gestation number and pregnancy outcome in Danish dairy herds. *Prev Vet Med*, 40(3-4), 151–163.
146. Kaneene JB, Miller R. (1995). Risk factors for metritis in Michigan dairy cattle using herd- and cow-based modelling approaches. *Prev Vet Med* 23:183-200.
147. Kashiwazaki Y, Giannechini E, Lust M, Gil J. (2004). Seroepidemiology of neosporosis in dairy cattle in Uruguay. *Vet Parasitol* 120(1-2):139-144.
148. Keshavarzi H, Sadeghi-Sefidmazgi A, Ghorbani GR, Kowsar R, Razmkabir M, Amer P. (2020). Effect of abortion on milk production, health, and reproductive performance of Holstein dairy cattle. *Ani Reprod Sci* 217, 106458.
149. Khodakaram-Tafti A, Ikede BO. (2005). A retrospective study of sporadic bovine abortions, stillbirths, and neonatal abnormalities in Atlantic Canada, from 1990 to 2001. *Can Vet J* 46(7): 635.
150. Kim JH, Lee JK, Lee BC, Park BK, Yoo HS, Hwang WS, Shin NR, Kang MS, Jean YH, Yoon HJ, Kang SK, Kim DY. (2002). Diagnostic survey of bovine abortion in Korea: with special emphasis on *Neospora caninum*. *J Vet Med Sci* 64(12): 1123-1127.
151. Kirkbride CA. (1992). Etiologic agents detected in a 10-year study of bovine abortions and stillbirths. *J Vet Diagn Invest* 4(2):175-180.
152. Klauck V, Machado G, Pazinato R, Radavelli WM, Santos DS, Berwaguer JC, Braunig P, Bogel FF, Da Silva AS. (2016). Relation between *Neospora caninum* and abortion in dairy cows: Risk factors and pathogenesis of disease. *Microb Pathog* 92:46-49.

153. Klootwijk CW, Van Middelaar CE, Berentsen PBM, de Boer, IJM. (2016). Dutch dairy farms after milk quota abolition: economic and environmental consequences of a new manure policy. *J Dairy Sci* 99(10):8384-8396.
154. Klun I, Ćirković V, Maletić M, Bradonjić S, Djurković-Djaković O. (2019). Seroprevalence of *Neospora caninum* infection and associated risk factors in dairy cattle in Serbia. *Parasitol Res* 118(6):1875-1883.
155. Kowalczyk SJ, Czopowicz M, Weber CN, Müller E, Witkowski L, Kaba J. (2016). Herd-level seroprevalence of *Neospora caninum* infection in dairy cattle in central and northeastern Poland. *Acta Parasitol* 61(1):63-5.
156. Lagomarsino H, Scioli A, Rodríguez A, Armendano J, Fiorani F, Bence Á, García J, Hecker Y, Gual I, Cantón G, Odeón A, Campero C, Moore D. (2019). Controlling endemic *Neospora caninum*-related abortions in a dairy herd from Argentina. *Front Vet Sci* 6:446.
157. Larson RL, Hardin DK, Pierce VL. (2004). Economic considerations for diagnostic and control options for *Neospora caninum*-induced abortions in endemically infected herds of beef cattle. *J Am Vet Med* 224(10):1597-1604.
158. Lindsay DS, Dubey JP, Duncan RB. (1999). Confirmation that the dog is a definitive host for *Neospora caninum*. *Vet Parasitol* 82(4):327-333.
159. Lindsay DS, Dubey JP. (1993). *Neospora*-Induced protozoal abortions in cattle. *Compend Contin Educ Vet* 15:882-888.
160. Lindsay DS, Dubey JP. (2020). Neosporosis, Toxoplasmosis, and Sarcocystosis in Ruminants: An Update. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 36(1):205-222.
161. Lista-Alves D, Palomares-Naveda R, García F, Obando C, Arrieta D, Hoet AE. (2006). Serological evidence of *Neospora caninum* in dual-purpose cattle herds in Venezuela. *Vet Parasitol* 136(3):347-349.
162. Liu Y, Reichel MP, Lo WC. (2020). Combined control evaluation for *Neospora caninum* infection in dairy: Economic point of view coupled with population dynamics. *Vet Parasitol* 277:108967.
163. López-Gatius F, García-Ispuerto I, Santolaria P, Yániz JL, López-Béjar M, Nogareda C, Almería S. (2005). Relationship between rainfall and *Neospora caninum*-associated abortion in two dairy herds in a dry environment. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health*, 52(3), 147–152.
164. López-Gatius F, Pabon M, Almería S. (2004). *Neospora caninum* infection does not affect early pregnancy in dairy cattle. *Theriogenology*. 62:606-613.
165. Macchi MV, Suanes A, Salaberry X, Fernandez F, Piaggio J, Gil AD. (2020). Epidemiological study of neosporosis in Uruguayan dairy herds. *Prev Vet Med*, 179, 105022.
166. Macchi MV. (2019). Estudio Epidemiológico de la neosporosis bovina del rodeo lechero en el Uruguay. Tesis de maestría, Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo, Uruguay.
167. Macedo CABD, Macedo MFSBD, Miura AC, Taroda A, Cardim ST, Innes EA, Katzer F, Cantón GJ, Chianini F, Headley FA, Garcia JL. (2017). Occurrence of abortions induced by *Neospora caninum* in dairy cattle from Santa Catarina, southern Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 26(3):292-298.



168. Macías-Rioseco M, Caffarena RD, Fraga M, Silveira C, Giannitti F, Cantón G, Hecker HP, Suanes A, Riet Correa F. (2020b). Abortion outbreak caused by *Campylobacter fetus* subspecies *venerealis* and *Neospora caninum* in a bovine dairy herd. *Rev Mex Cienc Pecu* 10(4):1054-1063.
169. Macías-Rioseco M, Silveira C, Fraga M, Casaux L, Cabrera A, Francia M, Robello C, Maya L, Zarantonelli L, Suanes A, Colina R, Buschiazzi A, Giannitti F, Riet-Correa F. (2020a). Causes of abortion in dairy cows in Uruguay. *Pesqui Vet Bras* 40(5):325-332.
170. Maley S, Buxton D, Rae A, Wright S, Schock A, Bartley P, Esteban -Redondo I, Swales C, Hamilton C, Sales J, Innes E. (2003). The pathogenesis of neosporosis in pregnant cattle: inoculation at mid-gestation. *J Comp Pathol* 129:186-195.
171. Marsh WE, Morris RS. (1997). Montecarlo Simulation to Model Spread in Management Outcomes. En: Dijkhuizen AA., Morris RS (Eds). *Animal Health Economics: Principles and Applications*. Post-Graduate Foundation in Veterinary Science University of Sydney 1st Ed. Sydney South, Capítulo 9, pp. 115-132.
172. Martinez BAF, Leotti VB, Borba MR, e Silva GDS, Corbellini LG. (2017). Can hierarchical modeling improve our understanding of bovine abortion due to *Neospora caninum* infection? *Vet Parasitol* 237:77-82.
173. Marugan-Hernandez V. (2017). *Neospora caninum* and Bovine Neosporosis: Current Vaccine Research. *J Comp Pathol* 157(2): 193-200.
174. Masatani T, Fereig RM, Otomaru K, Ishikawa S, Kojima I, Hobo S, Nishikawa Y. (2018). Seroprevalence of *Cryptosporidium parvum* and *Neospora caninum* in cattle in the southern Kyushu region of Japan. *Parasitol Int* 67(6):763-767.
175. Mazuz ML, Fish L, Reznikov D, Wolkomirsky R, Leibovitz B, Savitzky I, Golenser J, Shkap V. (2014). Neosporosis in naturally infected pregnant dairy cattle. *Vet Parasitol*, 205(1-2), 85–91.
176. McAllister D, Latham S. (2002). *Trends Parasitol* 18:4-5.
177. McAllister MM, Björkman C, Anderson-Sprecher R, Rogers DG. (2000). Evidence of point-source exposure to *Neospora caninum* and protective immunity in a herd of beef cows. *J Am Vet Med Assoc*, 217(6), 881–887.
178. McAllister MM, Huffman EM, Hietala SK, Conrad PA, Anderson ML, Salman MD. (1996). Evidence suggesting a point source exposure in an outbreak of bovine abortion due to neosporosis. *J Vet Diagn Invest* 8:355-357.
179. McAllister MM. (2016). Diagnosis and control of bovine neosporosis. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 32(2):443-463.
180. McDonald R, Shalloo L, Pierce KM, Horan B. (2013). Evaluating expansion strategies for startup European Union dairy farm businesses. *J Dairy Sci* 96(6):4059-4069.
181. McDowell, RW, Monaghan RM, Dougherty W, Gourley CJP, Vibart R, Shepherd M. (2017). Balancing water-quality threats from nutrients and production in Australian and New Zealand dairy farms under low profit margins. *Anim Prod Sci* 57(7):1419-1430.
182. McInerney JP, Howe KS, Schepers JA. (1992). A framework for the economic analysis of disease in farm livestock. *Prev Vet Med* 13:137-154.
183. Meadows C, Rajala-Schultz PJ, Frazer GS. (2005). A spreadsheet-based model demonstrating the nonuniform economic effects of varying reproductive performance in Ohio dairy herds. *J Dairy Sci* 88(3):1244-1254.



184. Meenakshi, Sandhu KS, Ball MS, Kumar H, Sharma S, Sidhu PK, Sreekumar C, Dubey JP. (2007). Seroprevalence of *Neospora caninum* antibodies in cattle and water buffaloes in India. *J Parasitol* 93(6):1374-7.
185. Meikle A, Cavestany D, Carriquiry M, Adrien M de L, Artegoitia V, Pereira I, Ruprecht G, Pessina P, Rama G, Fernández A, Breijo M, Laborde D, Pritsch O, Ramos JM, De Torres E, Nicolini P, Mendoza A, Dutour J, Fajardo M, Ana L, Olazábal L, Mattiauda D, Chilibroste P. (2013). Advances in knowledge of the dairy cow during the transition period in Uruguay: a multidisciplinary approach. *Agrocienc Urug* 17(26):141-152.
186. Melo CB, Leite RC, Lobato ZIP, Leite RC. (2004). Infection by *Neospora caninum* associated with bovine herpesvirus 1 and bovine viral diarrhoea virus in cattle from Minas Gerais State, Brazil. *Vet Parasitol* 119:97-105.
187. Meyer-Zarzar LP. (2013). Estudio descriptivo de las principales causas de aborto bovino diagnosticados entre los años 1990 y 2010 en el Instituto de Patología Animal de la Universidad Austral de Chile, Tesis de Maestría, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
188. Miller RB. (1977). A summary of some of the pathogenetic mechanisms involved in bovine abortion. *Can Vet J* 18(4):87-95.
189. Mitrea IL, Enachescu V, Radulescu R, Ionita M. (2012). Seroprevalence of *Neospora caninum* infection on dairy cattle in farms from southern Romania. *J Parasitol* 98(1):69-72.
190. Moen AR, Wouda W, Mul MF, Graat EAM, van Werven T. (1998) Increased risk of abortion following *Neospora caninum* abortion outbreaks: a retrospective and prospective cohort study in four dairy herds. *Theriogenology*. 49:1301-1308.
191. Mohammed OB, Amor N, Omer SA, Alagaili AN. (2020). Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* and *Neospora caninum* in Dromedary camels (*Camelus dromedarius*) from Saudi Arabia. *Rev Bras Parasitol Vet* 29(1):e019119.
192. Monney T, Hemphill A. (2014). Vaccines against neosporosis: what can we learn from the past studies? *Exp Parasitol* 140:52-70.
193. Moore D, Campero C, Odeón A, Posso M, Cano D, Leunda M, Basso W, Venturini M, Späth E. (2002). Seroepidemiology of beef and dairy herds and fetal study of *Neospora caninum* in Argentina. *Vet Parasitol* 107:303-316.
194. Moore D, Reichel M, Spath E, Campero C. (2013). *Neospora caninum* causes severe economic losses in cattle in the humid pampa region of Argentina. *Trop Anim Health Prod* 45(5):1237-41.
195. Moore DP, Pérez A, Agliano S, Brace M, Cantón G, Cano D, Leunda MR, Odeón AC, Odriozola E, Campero CM. (2009). Risk factors associated with *Neospora caninum* infections in cattle in Argentina. *Vet Parasitol* 161(1):122-125.
196. Moore DP. (2005). Neosporosis in South America. *Vet Parasitol* 127:87-97.
197. Morales E, Trigo FJ, Ibarra F, Puente E, Santaacruz M. (2001). Seroprevalence study of bovine neosporosis in Mexico. *J Vet Diagn Invest* 13:413-415.
198. Morrell E. (2010). Caracterización diagnóstica de las causas infecciosas del aborto bovino. Tesis de Doctorado, Facultad de Veterinaria, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

199. Morris RS, Dijkhuizen AA. (1992). The Application of Computer Software in the Management of Fertility Disorders in Pigs. Proceedings 12th Congress of the International Pig Veterinary Society, Amsterdam, I: 45-48.
200. Morris RS, Rougoor CW, Huirne RBM. (1997b). Building a Spreadsheet Model. En: Dijkhuizen AA., Morris RS (Eds). Animal Health Economics: Principles and Applications. Post-Graduate Foundation in Veterinary Science University of Sydney 1<sup>st</sup> Ed. Sydney South, Capítulo 18, pp. 233-244.
201. Morris RS. (1997a). How Economically Important is Animal Disease and Why? En: Dijkhuizen AA., Morris RS (Eds). Animal Health Economics: Principles and Applications. Post-Graduate Foundation in Veterinary Science University of Sydney 1<sup>st</sup> Ed. Sydney South, Capítulo 1, pp. 1-10.
202. Nam NH, Aiumlamai S, Chanlun A, Kanistanon K. (2011). Diagnosis of *Neospora caninum* infection in animals. Sci Dev 9(1):146-154.
203. Nasir A, Ashraf M, Khan MS, Yaqub T, Javeed A, Avais M, Akhtar F. (2011). Seroprevalence of *Neospora caninum* in dairy buffaloes in Lahore District, Pakistan. J Parasitol 97(3):541-3.
204. Norman HD, Wright JR, Kuhn MT, Hubbard SM, Cole JB, VanRaden PM. (2009). Genetic and environmental factors that affect gestation length in dairy cattle. J Dairy Sci 92(5):2259-2269.
205. Obando C, Bracamonte M, Montoya A, Cadenas V. (2010). *Neospora caninum* en un rebaño lechero y su asociación con el aborto. Rev Cient, 20(3), 235-239.
206. Ogawa L, Freire RL, Vidotto O, Gondim LFP, Navarro IT. (2005). Occurrence of antibodies to *Neospora caninum* and *Toxoplasma gondii* in dairy cattle from the northern region of the Paraná State, Brazil. Arq Bras Med Vet Zootec 57:312-316.
207. Ojeda JJ, Caviglia OP, Agnus Dei, MG, Errecart PM. (2018). Forage yield, water- and solar radiation-productivities of perennial pastures and annual crops sequences in the south-eastern Pampas of Argentina. Field Crops Res 221:19-31.
208. OPYPA – MGAP. Anuario Estadístico Agropecuario. Análisis Sectorial y de Cadenas Productivas. Cadena láctea: situación y perspectivas. (2021). Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-opypa-2021/analisis-sectorial-cadenas-productivas/cadena-lactea>
209. Ortega-Mora L, Fernández-García A, Gómez-Bautista M. (2006). Diagnosis of bovine neosporosis: recent advances and perspectives. Acta Parasitol. 51(1):1-14.
210. Osawa T, Wastling J, Acosta L, Ortellado C, Ibarra J, Innes EA. (2002). Seroprevalence of *Neospora caninum* infection in dairy and beef cattle in Paraguay. Vet Parasitol 110(1):17-23.
211. Otte MJ, Chilonda P. (2001). Animal Health economics: An Introduction. Livestock Information, Sector Analysis and Policy Branch, Animal Production and Health Division (AGA), FAO, Roma, Italia. Disponible online en: <https://www.fao.org/3/ag275e/ag275e.pdf>
212. Otranto D, Llazari A, Testini G, Traversa D, di Regalbono AF, Badan M, Capelli G. (2003). Seroprevalence and associated risk factors of neosporosis in beef and dairy cattle in Italy. Vet Parasitol 118(1):7-18.

213. Ould-Amrouche A, Klein F, Osdoit C, Mohammed HO, Touratier A, Sanaa M, Mialot JP. (1999). Estimation of *Neospora caninum* seroprevalence in dairy cattle from Normandy, France. *Vet Res* 30(5):531-538.
214. Pabón M, López-Gatius F, García-Ispuerto I, Bech-Sàbat G, Nogareda C, Almería S. (2007). Chronic *Neospora caninum* infection and repeat abortion in dairy cows: a 3-year study. *Vet Parasitol* 147(1):40-46.
215. Pagmadulam B, Myagmarsuren P, Fereig RM, Igarashi M, Yokoyama N, Battsetseg B, Nishikawa Y. (2018). Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* and *Neospora caninum* infections in cattle in Mongolia. *Vet Parasitol Reg Stud* 14:11-17.
216. Pan Y, Jansen GB, Duffield TF, Hietala S, Kelton D, Lin CY, Peregrine AS. (2004). Genetic Susceptibility to *Neospora caninum* Infection in Holstein Cattle in Ontario. *J Dairy Sci* 87:3967-3975.
217. Pantalla Uruguay. Remate 261 (2023). Precios promedio por categoría. Disponible en: <https://www.pantallauruguay.com.uy/promedios/>
218. Peter AT. 2000. Abortions in dairy cows: new insights and economic impact. *Dairy Adv Sci Technol* 12:233-244.
219. Peters M, Lütkefels E, Heckerroth A, Schares G. (2001). Immunohistochemical and ultrastructural evidence for *Neospora caninum* tissue cysts in skeletal muscles of naturally infected dogs and cattle. *Int J Parasitol* 31:1144-1148.
220. Pfeiffer DU, Williamson NB, Reichel MP, Wichtel JJ, Teague WR. (2002). A longitudinal study of *Neospora caninum* infection on a dairy farm in New Zealand. *Prev Vet Med* 54:11-24.
221. Piaggio J, Delucchi L, Bañales P, Easton C. (2007). Actualización en neosporosis. GEGA S.R.L. 1a ed. Montevideo. Disponible online en: [https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/20256/1/FVET\\_PiaggioJ\\_2007\\_Act.Neosporosis.PDF](https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/20256/1/FVET_PiaggioJ_2007_Act.Neosporosis.PDF)
222. Piaggio J. (2006). Estimación de la tasa de mortalidad anual de terneros y caracterización de los sistemas de crianza en establecimientos lecheros de Uruguay, Tesis de Maestría, Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo, Uruguay.
223. Portocarrero C, Pinedo R, Falcón N, Chávez A. (2015). Factores de riesgo asociados a la seroprevalencia de *Neospora caninum* en bovinos naturalmente infectados en la ceja de selva de Oxapampa, Perú. *Rev Investig Vet Perú* 26(1):119-126.
224. PROLESA. (2020). PROLESA - Productos [WWW Document]. URL <https://ecommerce.prolesa.com.uy/> (19/11/20).
225. Rabaza A, Macías-Rioseco M, Fraga M, Uzal FA, Eisler MC, Riet-Correa F, Giannitti F. (2021). Coxiella burnetii abortion in a dairy farm selling artisanal cheese directly to consumers and review of Q fever as a bovine abortifacient in South America and a human milk-borne disease. *Braz J Microbiol* 52(4), 2511–2520.
226. Ramsay G, Harrison SR, Tisdell, C. (1999). Assessing the value of additional animal health information. En: Sharma P, Baldock C. (Eds). *Understanding Animal Health in Southeast Asia*. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra 1<sup>st</sup> Ed, Capítulo 14, pp. 260–281.

227. Rashid M, Rashid MI, Akbar H, Ahmad L, Hassan MA, Ashraf K, Saeed K, Gharbi M. (2019). A systematic review on modelling approaches for economic losses studies caused by parasites and their associated diseases in cattle. *Parasitology*. 146:129-141.
228. Razmi GR, Mohammadi GR, Garrosi T, Farzaneh N, Fallah AH, Maleki M. (2006). Seroepidemiology of *Neospora caninum* infection in dairy cattle herds in Mashhad area, Iran. *Vet Parasitol*, 135(2), 187–189.
229. Reichel MP, Alejandra Ayanegui-Alcérreca M, Gondim LF, Ellis JT. (2013). What is the global economic impact of *Neospora caninum* in cattle - the billion-dollar question. *Int J Parasitol* 43(2):133-42.
230. Reichel MP, Ellis JT. (2006). If control of *Neospora caninum* infection is technically feasible does it make economic sense? *Vet Parasitol* 142(1-2):23-34.
231. Reichel MP, McAllister MM, Pomroy WE, Campero C, Ortega-Mora LM, Ellis JT. (2014). Control options for *Neospora caninum* is there anything new or are we going backwards? *Parasitology*. 141(11): 1455-1470.
232. Reichel MP. (1998). Prevalence of *Neospora* antibodies in New Zealand dairy cattle and dogs. *N Z Vet J* 46:38.
233. Repiso MV, Gil A, Bañales P, D'anatro N, Fernandez L, Guarino H, Herrera B, Nuñez A, Olivera M, Osawa T, Silva M. (2005). Prevalencia de las principales enfermedades infecciosas que afectan el comportamiento reproductivo en la ganadería de carne y caracterización de los establecimientos de cría del Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*. 40: 5-28.
234. Rinaldi L, Pacelli F, Lovane G, Pagnini U, Veneziano V, Fusco G, Cringoli G. (2007). Survey of *Neospora caninum* and bovine herpes virus 1 coinfection in cattle. *Parasitol Res* 100(2):359-364.
235. Rojas H, Romero JR. (2017). Where to next with animal health in Latin America? The transition from endemic to disease-free status. *Rev Sci Tech - Off. Int Épizoot*, 36(1), 331–348.
236. Romero JJ, Pérez E, Dolz G, Frankena K. (2002). Factors associated with *Neospora caninum* serostatus in cattle of 20 specialised Costa Rican dairy herds. *Prev Vet Med* 53(4):263-273.
237. Rushton J. (2009a). What is Economics and How is it Useful. En: Rushton J (Ed). *The Economics of Animal Health and Production*. CAB International 1st Ed. Oxfordshire, Capítulo 2, pp. 13-15.
238. Rushton J. (2009b). *Livestock Production Economics*. En: Rushton J (Ed). *The Economics of Animal Health and Production*. CAB International 1st Ed. Oxfordshire, Capítulo 3, pp. 16-45.
239. Rushton J. (2009c). *Economic Analysis Tools*. En: Rushton J (Ed). *The Economics of Animal Health and Production*. CAB International 1st Ed. Oxfordshire, Capítulo 7, pp. 65-106.
240. Rushton J. (2009d). *Data Collection*. En: Rushton J (Ed). *The Economics of Animal Health and Production*. CAB International 1st Ed. Oxfordshire. Capítulo 5, pp. 50-57.
241. Rushton J. (2009e). Part II: A review of the application of economics to animal diseases and health problems. En: Rushton J (Ed). *The Economics of Animal Health and Production*. CAB International 1st Ed. Oxfordshire. pp. 193-197.

242. Salasel B, Mokhtari A, Taktaz T. (2010). Prevalence, risk factors for and impact of subclinical endometritis in repeat breeder dairy cows. *Theriogenology*. 74:1271-1278.
243. Sanderson MS, Gay JM, Baszler TV. (2000). *Neospora caninum* seroprevalence and associated risk factors in beef cattle in the northwestern United States. *Vet Parasitol* 90:15-24.
244. Sartor IF, Hasegawa MY, Canavessi AMO, Pinckney RD. (2003). Ocorrência de anticorpos de *Neospora caninum* em vacas leiteiras avaliados pelos métodos ELISA e RIFI no município de Avaré, SP. *Semin Cienc Agrar* 24:3-10.
245. Schares G, Bärwald A, Staubach C, Söndgen P, Rauser M, Schröder R, Peters M, Wurm R, Selhorst T, Conraths FJ. (2002). p38-avidity-ELISA: examination of herds experiencing epidemic or endemic *Neospora caninum*-associated bovine abortion. *Vet Parasitol* 106(4):293-305.
246. Schares G, Bärwald A, Staubach C, Ziller M, Klöss D, Schroder R, Labohm R, Dräger K, Fasen W, Hess RG, Conraths FJ. (2004). Potential risk factors for bovine *Neospora caninum* infection in Germany are not under the control of the farmers. *Parasitology*. 129:301-309.
247. Schild C. (2017). Estimación de la tasa de mortalidad anual de terneros y caracterización de los sistemas de crianza en establecimientos lecheros de Uruguay, Tesis de Maestría, Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo, Uruguay.
248. Schild CO, Caffarena RD, Gil A, Sánchez J, Riet-Correa F, Giannitti F. (2020). A survey of management practices that influence calf welfare and estimating the annual calf mortality risk in pastured dairy herds in Uruguay. *J Dairy Sci* 103(10):9418-9429.
249. Serrano-Martínez ME, Cisterna CAB, Romero RCE, Huacho MAQ, Bermabé AM, Albornoz LAL. (2019). Evaluation of abortions spontaneously induced by *Neospora caninum* and risk factors in dairy cattle from Lima, Peru. *Rev Bras Parasitol Vet* 28(2):215-220.
250. Shadbolt N, Apparao D, Hunter S, Bicknell K, Dooley A. (2017). Scenario analysis to determine possible, plausible futures for the New Zealand dairy industry. *New Zealand J Agric Res* 60:349-361.
251. Sigdel A, Bisinotto RS, Peñagaricano F. (2022). Genetic analysis of fetal loss in Holstein cattle. *J Dairy Sci* 105(11): 9012–9020.
252. Skiena SS. (2017). *Mathematical Models*. In: Skiena (Ed). *The Data Science Design Manual*. Springer International Publishing 1<sup>st</sup> Ed. Cham, Capítulo 7, pp. 201-233.
253. Stoessel Z, Taylor LF, MCGowan MR, Coleman GT, Landmann JK. (2003). Prevalence of antibodies to *Neospora caninum* within central Queensland beef cattle. *Aust Vet J* 81:165-166.
254. Taylor AJ. (1983). The Verification of Dynamic Simulation Models. *J Oper Res Soc* 34:233-242.
255. Thilsted JP, Dubey JP. (1989). Neosporosis-like abortions in a herd of dairy cattle. *J Vet Diagn Invest* 1:205-209.
256. Thurmond M, Picanso J. (1990). A surveillance system for bovine abortion. *Prev Vet Med* 8:41-53.
257. Thurmond MC, Anderson ML, Blanchard PC. (1995). Secular and seasonal trends of *Neospora* abortion in California dairy cows. *J Parasitol* 81:364-367.

258. Thurmond MC, Hietala SK. (1996). Culling associated with *Neospora caninum* infection in dairy cows. *Am J Vet Res* 57:1559-1562.
259. Thurmond MC, Hietala SK. (1997a). Effect of congenitally acquired *Neospora caninum* infection on risk of abortion and subsequent abortions in dairy cattle. *Am J Vet Res* 58:1381-1385.
260. Thurmond MC, Hietala SK. (1997b). Effect of *Neospora caninum* infection on milk production in first-lactation dairy cows. *Am J Vet Res* 210: 672-674.
261. Thurmond MC, Picanso J, Hietala S. (1990). Prospective serology and analysis in diagnosis of dairy cow abortion. *J Vet Diagn Invest* 2:274-282.
262. Thurmond MC, Picanso JP, Jameson CM. (1990). Considerations for use of descriptive epidemiology to investigate fetal loss in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc* 197:1305-1312.
263. Tisdell C. (2009). Economics of Controlling Livestock Diseases: Basic Theory. En: Rushton J (Ed). *The Economics of Animal Health and Production*. CAB International 1st Ed. Oxfordshire, Capítulo 4, pp.46-49.
264. Tisdell CA. (1996). Bounded rationality and economic evolution. Edward Elgar, Cheltenham, Massachusetts.
265. Trees AJ, Davison HC, Innes EA, Wastling JM. (1999). Towards evaluating the economic impact of bovine neosporosis. *Int J Parasitol* 29(8): 1195-1200.
266. Vanleeuwen JA, Haddad JP, Dohoo IR, Keefe GP, Tiwari A, Scott HM. (2010). Risk factors associated with *Neospora caninum* seropositivity in randomly sampled Canadian dairy cows and herds. *Prev Vet Med* 93(2-3):129-138.
267. Waldner C, Wildman B, Hill B, Fenton RK, Pittman T, Schunicht O, Jim GK, Guichon T, Booker C. (2004). Determination of the seroprevalence of *Neospora caninum* in feedlot steers in Alberta. *Can Vet J* 45:218-224.
268. Walsh SW, Williams EJ, Evans ACO. (2011). A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Anim Reprod Sci* 123(3-4):127-138.
269. Wang C, Wang Y, Zou X, Zhai Y, Gao J, Hou M, Zhu XQ. (2010). Seroprevalence of *Neospora caninum* infection in dairy cattle in northeastern China. *J Parasitol* 96(2):451-2.
270. Weersink A, VanLeeuwen JA, Chi J, Keefe GP. (2002). Direct production losses and treatment costs due to four dairy cattle diseases. *Adv Dairy Technol* 14:55-75.
271. Wilde CJ, Knight CH. (1998). Metabolic adaptations in mammary gland during the declining phase of lactation. *J Dairy Sci* 72:1679-1692.
272. Williams DJL, Guy CS, McGarry JW, Guy F, Tasker L, Smith RF, MacEachern K, Cripps PJ, Kelly DF, Trees AJ. (2000). *Neospora caninum*-associated abortion in cattle: the time of experimentally-induced parasitaemia during gestation determines foetal survival. *Parasitology*. 121(4):347-358.
273. Williams DJL, Hartley CS, Björkman C, Trees AJ. (2009). Endogenous and exogenous transplacental transmission of *Neospora caninum*—how the route of transmission impacts on epidemiology and control of disease. *Parasitology*. 136(14):1895-1900.

274. Wouda W, Bartels C, Moen A. (1999). Characteristics of *Neospora caninum*-associated abortion storms in dairy herds in the Netherlands (1995 to 1997). *Theriogenology*. 52:233-245.
275. Wouda W, Bartels CJM, Dijkstra T. (2000). Epidemiology of bovine neosporosis with emphasis on risk factors. In: Hemphill A, Gottstein B. A European perspective on *Neospora caninum*. *Int J Parasitol* 30:884-886.
276. Wouda W, Dubey JP, Jenkins MC. (1997). Serological diagnosis of bovine fetal neosporosis. *J Parasitol* 83(3):545-547.
277. Wu J, Dreger S, Chow E, Bowlby E. (2002). Validation of 2 commercial *Neospora caninum* antibody enzyme linked immunosorbent assay. *Can J Vet Res* 66:264-271.
278. Xia HY, Zhou DH, Jia K, Zeng XB, Zhang DW, She LX, Lin RQ, Yuan ZG, Li SJ, Zhu XQ. (2011). Seroprevalence of *Neospora caninum* infection in dairy cattle of Southern China. *Vet Parasitol Reg Stud* 97(1):172-3.
279. Yaeger MJ, Shawd-Wessels S, Leslie-Steen P. (1994). *Neospora* abortion storm in a Midwestern dairy. *J Vet Diagn Invest* 6:506-508.
280. Yániz JL, López-Gatius F, García-Ispuerto I, Bech-Sabat G, Serrano B, Nogareda C, Sanchez-Nadal, JA, Almeria S, Santolaria P. (2010). Some factors affecting the abortion rate in dairy herds with high incidence of *Neospora*-associated abortions are different in cows and heifers. *Reprod Domest Anim*, 45(4), 699–705.
281. Yildiz K, Kul O, Babur C, Kılıc S, Gazyagc AN, Celebi B, Gurcan IS. (2009). Seroprevalence of *Neospora caninum* in dairy cattle ranches with high abortion rate: Special emphasis to serologic co-existence with *Toxoplasma gondii*, *Brucella abortus* and *Listeria monocytogenes*. *Vet Parasitol* 164(2-4):306-310.