



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

**CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO DE TUBERCULOSIS BOVINA  
ASOCIADO AL MOVIMIENTO ANIMAL EN PREDIOS BOVINOS DE  
LA PROVINCIA DE MELIPILLA.**

**Isabel Alejandra Mora Silva**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Medicina  
Preventiva Animal.

PROFESOR GUÍA: PATRICIO RETAMAL MERINO  
Universidad de Chile.

SANTIAGO, CHILE  
2019



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

**CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO DE TUBERCULOSIS BOVINA  
ASOCIADO AL MOVIMIENTO ANIMAL EN PREDIOS BOVINOS  
DE LA PROVINCIA DE MELIPILLA.**

**Isabel Alejandra Mora Silva**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Medicina  
Preventiva Animal

Nota Final: .....

Profesor Guía: Patricio Retamal M .....  
Profesor Corrector: Santiago Urcelay V .....  
Profesor Corrector: Christopher Hamilton-West .....

SANTIAGO, CHILE  
2019

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco día a día el apoyo incondicional que brindó mi familia en este largo camino por la Universidad. En especial a mi abuelo Víctor Silva un hombre que me ha dado un ejemplo de esfuerzo y lucha, un hombre que ni la enfermedad lo detiene para continuar con sus actividades, que me acompañó desde el día en que ingrese a la universidad, agradezco cada una de esas madrugadas que realizó junto a mi padre para poder ir a dejarme y lograr tomar locomoción hacia Santiago, a mi madre y abuela por siempre estar ahí, preocupada de que no me faltara nada durante todos estos años, por brindarme valores, cariño y dedicación de forma incondicional y por siempre incentivarme a estudiar y a seguir mis sueños, a mi hermana que me acompañaba en esas largas horas de estudio, por aquellas conversaciones que me permitían salir un poco de la rutina. También agradezco a mi pareja que durante todos estos años estuvo presente a mi lado, apoyándome y motivándome cuando las energías se agotaban.

Agradezco a mi profesor guía Dr. Patricio Retamal Merino, por acompañarme en este camino, por su confianza y por estar siempre disponible para resolver mis dudas y pendientes del trabajo que se estaba realizando. A los profesores correctores Dr. Santiago Urcelay y Dr. Christopher Hamilton-West, por la ayuda entregada en la realización de esta memoria de título. También debo agradecer de forma especial a quien fue motivador y a la vez mentor de esta memoria de título el MVO Jaime Figueroa Álvarez quien busco las posibilidades para poder realizarla. Agradezco de igual manera al Servicio Agrícola y Ganadero por permitirme acceder a su información. Mención especial, al Dr. Raúl Alegría, por su apoyo técnico que facilitó el desarrollo de mi trabajo.

No puedo dejar de agradecer a cada una de las personas que estuvieron presente durante los años de carrera, a quienes me permitieron llegar a la universidad todos los días, a mis profesores, y amigos, que creyeron en mis habilidades y me permitieron seguir avanzando y creciendo como persona y profesional hasta el día de hoy.

Agradezco haber creído en mí, agradezco haber continuado con mis sueños, no haber bajado los brazos, aunque las madrugadas agotaran, agradezco a Dios por todo lo vivido en esta etapa y por todo lo que vendrá.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
Agente etiológico.....	3
Trasmisión .....	3
Diagnóstico.....	4
Situación en Chile.....	4
Movimiento animal.....	6
Experiencia Internacional.....	7
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>9</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>9</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>10</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>15</b>
Objetivo 1: Describir los movimientos de ganado bovino entre los años 2012-2017 en predios de la Provincia de Melipilla. ....	15
Descripción por Tipo de Producción .....	16
Movimientos de ingreso de ganado.....	16
Movimientos de ingreso por comuna .....	17
Movimientos de ingreso de ganado por Sistemas Productivos .....	18
Movimiento de ingreso de ganado según región de origen.....	20
Tipo de movimientos de ingreso de ganado bovino en la Provincia .....	21
Tipos de movimientos por sistemas productivos.....	22
Movimientos de salida de ganado .....	26
Movimientos de salida de ganado por Sistemas Productivos.....	28
Movimiento de salida de ganado según región de destino .....	30
Tipo de movimientos de salida de ganado en la Provincia.....	31
Tipos de movimientos por Sistemas Productivos.....	32
Objetivo 2. Establecer una matriz de riesgo de diseminación y transmisión de TBB en base a los movimientos de ganado bovino en predios de la Provincia de Melipilla ...	37
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>45</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>50</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Zonificación del territorio de Chile, según los criterios del Plan de TBB.....	12
<b>Tabla 2.</b> Resumen de predios de la Provincia de Melipilla, según estatus sanitarios y comuna.....	15
<b>Tabla 3.</b> Resumen de predios de la Provincia de Melipilla, según estatus sanitarios y sistema productivo.....	16
<b>Tabla 4.</b> Movimientos de ingreso por comuna en predios infectados. ....	18
<b>Tabla 5.</b> Movimientos de ingreso por comuna en predios negativos. ....	18
<b>Tabla 6.</b> Resumen de movimientos de ingreso de ganado bovino por zonificación del territorio nacional, según los criterios del plan de TBB y su clasificación sanitaria.....	20
<b>Tabla 7.</b> Porcentaje de los movimientos de ingreso de ganado bovino según predio de destino de la Provincia de Melipilla (Totales, infectados o negativos) y según la región de origen de esos movimientos. ....	20
<b>Tabla 8.</b> Totalidad de movimientos y animales ingresados según tipo de movimiento de ganado.....	22
<b>Tabla 9.</b> Movimientos de salida de ganado por comuna desde predios infectados. ....	27
<b>Tabla 10.</b> Movimientos de salida de ganado por comuna desde predios negativos. ....	28
<b>Tabla 11.</b> Resumen de movimientos de egreso de ganado bovino por zonificación del territorio nacional según los criterios del Plan de TBB y su clasificación sanitaria. ....	30
<b>Tabla 12.</b> Porcentaje de los movimientos de salida de ganado bovino según predio de origen de la Provincia de Melipilla (totales, infectados o negativos), según la región de destino de esos movimientos. ....	30
<b>Tabla 13.</b> Totalidad de movimientos y animales según tipo de movimiento de salida de ganado.....	32
<b>Tabla 14.</b> Matriz de riesgo.....	38

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Movimientos de Ingreso de ganado por sistema productivo (N=6103).....	19
<b>Figura 2.</b> Totalidad de animales ingresados por sistema productivo (N=49345).....	19
<b>Figura 3.</b> Representación proporcional de los movimientos de ingreso de ganado bovino por sistema productivo en la Provincia de Melipilla A) Engorda, B) Lechería, C) Crianza y D) Comerciantes.....	23
<b>Figura 4.</b> Representación proporcional de flujo de los tipos de movimientos de ganado en engordas bovinas. A.1) infectadas y A.2) negativas de la Provincia de Melipilla.....	24
<b>Figura 5.</b> Representación proporcional de flujo de los tipos de movimientos de ingreso de ganado en lecherías bovinas. B.1) infectadas y B.2) negativas de la Provincia de Melipilla.....	25
<b>Figura 6.</b> Representación proporcional de flujo de los tipos de movimientos de ingreso de ganado en crianzas bovinas de la Provincia de Melipilla. C.1) infectadas y C.2) negativas.....	25
<b>Figura 7.</b> Representación proporcional de flujo de los tipos de movimiento de ingreso de ganado en comerciantes de la Provincia de Melipilla. D.1) infectadas y D.2) negativos. ....	26
<b>Figura 8.</b> Movimientos de salida de ganado por sistema productivo(N=8250). ....	29
<b>Figura 9.</b> Totalidad de animales que salen por sistema productivo (N=84914) en la Provincia de Melipilla durante el periodo de estudio.....	29
<b>Figura 10.</b> Representación proporcional a las flechas de los movimientos de salida de ganado bovino por sistema productivo en la Provincia de Melipilla. E) engorda, F) lechería, G) crianza y H) comerciantes.....	34
<b>Figura 11.</b> Representación proporcional de los tipos de movimientos de salida de ganado en engordas bovinas de la Provincia de Melipilla. E.1 infectada y E.2 negativo.....	35
<b>Figura 12.</b> Representación proporcional de flujo de los tipos de movimientos de ganado en lecherías de la Provincia de Melipilla. F.1 infectadas y F.2 negativos.....	36
<b>Figura 13.</b> Representación proporcional de los tipos de movimientos de salida de ganado en crianzas bovinas de la Provincia de Melipilla. G.1) infectadas y G.2) negativas. ....	36
<b>Figura 14.</b> Representación proporcional de los tipos de movimientos de salida de ganado en comerciantes H.1) infectadas y H.2 negativas de la Provincia de Melipilla. ....	37
<b>Figura 15.</b> N° de predios según categoría de riesgo y variables de ingreso de ganado (N=283). ....	39
<b>Figura 16.</b> N° de predios infectados según categoría y variables de ingreso de ganado (N=109). ....	40
<b>Figura 17.</b> N° de predios negativos según categoría y variables de ingreso de ganado (N=174). ....	41
<b>Figura 18.</b> N° de predios totales según categoría y variables de salida de ganado (N=283). ....	41
<b>Figura 19.</b> N° de predios infectados según categoría y variables de salida de ganado (N=109). ....	43
<b>Figura 20.</b> N° de predios negativos según categoría y variables de salida de ganado (N=174). ....	43

## **RESUMEN**

El movimiento de ganado entre predios es uno de los factores más importantes que contribuyen a la difusión de enfermedades infecciosas, como lo es la tuberculosis bovina (TBB). La TBB es enfermedad crónica del ganado bovino, causada por la infección por *Mycobacterium bovis*. El origen y destino de los movimientos de ganado en Chile deben registrarse por ley. Esta información tiene un gran potencial para ser utilizada en la evaluación del riesgo de propagación de la enfermedad en estos animales.

El objetivo de este estudio fue describir y caracterizar los movimientos de ganado bovino en predios de la Provincia de Melipilla y su implicancia en la diseminación y transmisión de la TBB. Se describieron los movimientos de ganado entre los años 2012 y 2017 de la Provincia, una zona de alta prevalencia de TBB. Un total de 283 predios fueron considerados en el estudio de los cuales el 38,5% represento a predios infectados y el 61,5% a predios negativos. Se registraron 6103 movimientos de ingreso y 8250 movimientos de salida de ganado, de los cuales el mayor porcentaje de estos fueron en sistemas productivos correspondientes a engordas bovinas. El mayor movimiento registrado para el abastecimiento de los predios fue el de feria hacia predio representando el 51,4% de la totalidad de movimientos de ingreso, en el caso de los movimientos de destino el 66,8% fueron hacia ferias y mataderos. El mayor número de predios categorizados de alto riesgo asociado a la cantidad de movimientos se representaron en predios con un estatus sanitario de infectados, a diferencia de los predios negativos que tienen un mayor número de predios en las categorías de bajo riesgo.

Los resultados sugieren una relación directa entre la condición sanitaria de los predios y de los movimientos riesgosos de estos.

**Palabras clave:** Tuberculosis bovina, movimiento de ganado, predios, condición sanitaria.

## **ABSTRACT**

The movement of cattle between farms is one of the most important factors that contributes to the spread of infectious diseases, such as bovine tuberculosis (TBB). This is a chronic disease of cattle caused by the infection with *Mycobacterium bovis*. The origin and destination of livestock movements in Chile are registered by law. This information has a great potential for assessing the risk of disease spreading in these animals.

The objective of this study was to describe and characterize the movements of cattle on farms belonging to the province of Melipilla and their implication in the dissemination and transmission of TBB. This is an area with a high prevalence of TBB. Movements of cattle from 2012 to 2017 within the province were described. A total of 283 farms were considered in the study, with 38.5% representing infected herds and 61.5% negative herds. 6103 movements of entry and 8250 movements of exit of cattle were registered, of which the highest percentage of movements were in productive systems corresponding to cattle fattening. The biggest registered movement for supplying farms, was from cattle markets, representing 51,4%; in the case of destination movements, they are mainly to cattle markets and slaughterhouses (66,8%). The highest number of categorized high-risk farms associated to the number of movements, were represented by farms with a sanitary status of infected, in contrast to negative farms, which were mainly categorized in the low-risk categories.

These results suggest a direct relationship between the sanitary condition of farms and their movement-associated risk.

**Key words:** Bovine tuberculosis, cattle movement, farms, sanitary condition.



## **INTRODUCCIÓN**

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

La distribución de TBB a nivel nacional es heterogénea, debido principalmente a diferencias epidemiológicas y geográficas entre regiones, además, de los esfuerzos que cada zona ha desarrollado para vigilar y controlar la enfermedad.

En muchos países, la TBB causa pérdidas económicas sustanciales debido a la costosa vigilancia y sacrificio de animales infectados, y la imposición de restricciones de movimiento en las regiones afectadas.

En el año 2012 comenzó el Plan Nacional de Control y Erradicación de Tuberculosis Bovina que estratégicamente consideró todo el país y lo dividió en dos grandes zonas epidemiológicas, la zona I de erradicación y la zona II de control, esto de acuerdo a la distribución de la enfermedad y a la cantidad de masa bovina de cada sector. El programa sanitario está basado en tres acciones fundamentales: la detección de los animales infectados, su aislamiento o eliminación y la protección de los animales sanos.

La TBB es una enfermedad de distribución mundial. En regiones o países con baja prevalencia, la adopción de una vigilancia basada en el riesgo (dirigida) puede mejorar la relación costo-efectividad del manejo de la TBB en comparación con las estrategias de vigilancia convencionales.

La vigilancia basada en el riesgo se centra en el subconjunto de la población con un mayor riesgo de infección, lo que mejora la sensibilidad del sistema de vigilancia y la reducción de la financiación e inversiones laborales. Un factor de riesgo primario para la transmisión de TBB es la introducción de ganado infectado en rebaños a través del movimiento de ganado. Por lo tanto, será relevante incluir en el control de la enfermedad el conocimiento sobre el movimiento animal y de esta forma optimizar la implementación de las medidas de vigilancia y control, para identificar rebaños y lugares asociados con un mayor riesgo de introducción y transmisión de enfermedades. El objetivo de este trabajo es describir y

caracterizar los movimientos de ganado bovino de predios de la Provincia de Melipilla y su implicancia en la diseminación y trasmisión de la TBB.

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **Agente etiológico**

La tuberculosis bovina es causada por *Mycobacterium bovis*, patógeno intracelular obligado perteneciente al complejo *Mycobacterium tuberculosis* (Michel *et al.*, 2010), grupo de micobacterias que incluyen a *M. tuberculosis*, *M. africanum*, *M. bovis*, *M. microti* y *M. canetti* que comparten genéticamente secuencias idénticas en el RNA 16S y poseen sobre un 99,9 % de identidad en sus nucleótidos (Sreevatsan *et al.*, 1997 citado por Reyes *et al.*, 2012). A pesar de esto existen variaciones en cuanto al poder patógeno, distribución geográfica, epidemiología, hospedero y algunas características fisiológicas, tales como la morfología colonial, patrones de resistencia y susceptibilidad a inhibidores (SEIMC, s.f). *M. bovis* es un agente capaz de infectar a la mayoría de los mamíferos, incluidos los humanos, transformándolo en una zoonosis de gran importancia (Bezoz *et al.*, 2014; Rusk, *et al.* 2017) y además invadir las células del sistema inmune y establecerse en algunos casos por toda la vida del hospedero (Reyes, 2012).

### **Trasmisión**

Existen varias rutas por las cuales el agente puede infectar a un animal, siendo la principal ruta de transmisión de *M. bovis* en el bovino, la vía aerógena (Rodríguez, *et al.*, 2016, Irureta, 2016); que ocurre mediante inhalación de partículas de polvo contaminadas por la propia bacteria (Irureta, 2016) causando lesiones en la nasofaringe y tracto respiratorio inferior, incluidos los pulmones (Domingo, *et al.* 2014). La vía oral o digestiva es considerada la segunda ruta más común de infección de la TBB, ya sea a través de la ingestión de *M. bovis* directamente desde animales infectados o desde pastos contaminados, agua o fómites (Reyes *et al.*, 2012). Esta vía es muy importante en terneros que se alimentan con leche cruda proveniente de vacas enfermas, debido a que entre 1% y 2% de las vacas infectadas eliminan el microorganismo a través de la leche (Irureta, 2016).

Otras vías no usuales pero probables son: vía cutánea, congénita y genital. Por la vía cutánea se introduce el bacilo en lesiones de piel con material infectado. La vía congénita (madre-feto) puede ocurrir en el útero a través del cordón umbilical (Reyes *et al.*, 2012), siendo poco común y teniendo poca importancia relativa al igual que la transmisión por el

servicio natural que puede ocurrir si los órganos reproductivos están infectados (Irureta, 2016).

### **Diagnóstico**

El diagnóstico de la tuberculosis en animales vivos está principalmente basado en la detección de células específicas que median la respuesta inmune celular. La prueba cutánea de la tuberculina corresponde a la principal prueba de detección en el rebaño y consiste en medir la reacción inmunitaria tras la inyección intradérmica de un derivado proteico purificado (PPD) de tuberculina bovina y la posterior detección de inflamación (hipersensibilidad retardada) en el punto de inyección 72 horas después (SAG, 2009).

Actualmente se han desarrollado nuevas técnicas diagnósticas, como la medición del interferón gamma (IFN- $\gamma$ ). Esta prueba consiste en incubar sangre entera de bovinos sospechosos de tuberculosis, con los antígenos PPD bovino y PPD aviar, bajo condiciones especiales (Clasing, 2013).

En el animal muerto, las lesiones internas pueden localizarse en diferentes órganos (Clasing, 2013). Las lesiones se encuentran en forma de tubérculos de diferentes tamaños y contienen material purulento caseoso de color amarillento (Domingo *et al.*, 2014).

### **Situación en Chile**

En Chile la enfermedad es endémica, con prevalencias muy variables dependiendo la zona del país, por lo que es difícil tener una cifra a nivel nacional. Sin embargo, datos de los años 90, hablan de una prevalencia de alrededor del 3% a nivel de la masa bovina nacional y con un 28,5% de las explotaciones ganaderas afectadas (Max *et al.*, 2011)

Actualmente el SAG desarrolla un proyecto de control y erradicación de tuberculosis bovina, el que pretende mejorar la competitividad internacional del mercado del sector pecuario nacional, logrando que las plantas lecheras que exportan productos alcancen un estado libre de TBB a través de la creación de compartimentos. En el año 2012 comenzó el Plan Nacional de Control y Erradicación de Tuberculosis Bovina que estratégicamente consideró todo el país y lo dividió en dos grandes zonas epidemiológicas de acuerdo a la distribución de la enfermedad y a la cantidad de masa bovina de cada sector; la zona I de erradicación, se extiende desde la Provincia de Arauco hasta la Región de Magallanes,

conteniendo el 72% de la masa bovina del país; y la zona II de control, comprende desde la Región de Arica y Parinacota hasta la del Biobío, con sólo el 28% de los bovinos (SAG, 2013). El programa considera tres prioridades estratégicas principales, detección de rebaños infectados, cuarentena de rebaños infectados y posterior limpieza de infección a través de controles de movimientos de animales y sacrificio de animales reactivos (Max *et al.*, 2011).

La recopilación del trabajo diagnóstico de TBB a nivel de rebaños, realizado entre los años 2000-2014 ha permitido ilustrar la situación de tuberculosis bovina en el país a nivel predial y comunal (SAG, 2014). De los 12.168 predios examinados, en 11.706 ha sido definido el estatus sanitario de tuberculosis, declarándose a 959 como infectados con *M. bovis*. La incidencia a nivel nacional alcanzaría a 0,76%. La mayor incidencia predial se presenta en la Región de Magallanes, seguida por la Región Metropolitana, Atacama, Biobío y Coquimbo siendo la Región de la Araucanía la de menor incidencia dentro del grupo de regiones con ocurrencia de enfermedad (SAG, 2014). No existen datos publicados de la incidencia de tuberculosis en las regiones mencionadas.

Los predios con un tamaño de rebaño menor a 30 bovinos y localizados en la zona de control, presentaron una ocurrencia de tuberculosis 12 a 19 veces más alta que aquellos similares localizados en la zona de erradicación. Esta mayor frecuencia de tuberculosis en los predios de menor tamaño de la zona de control sugiere un mayor nivel de exposición a la infección, que podría estar asociado a patrones de transmisión entre predios de mayor intensidad que la zona de erradicación; esto sugiere que el mayor riesgo de infección se vincularía a su alta dependencia a predios de mayor tamaño para la provisión de animales productivos (SAG, 2014).

A nivel comunal, se evidenciaron 100 comunas del país con predios infectados, de las cuales 30 presentan un riesgo de 3 veces sobre el valor esperado. Las regiones Metropolitana y los Lagos reúnen el mayor número de comunas con exceso de riesgo (SAG, 2014). En la Región Metropolitana, según este estudio, son 5 comunas que tienen un exceso de riesgo, de las cuales María Pinto y Melipilla presentaron un exceso de riesgo 10 veces superior al esperado. Las comunas de Curacaví de la Región Metropolitana y de Puerto Octay en la Región de los Lagos, registran los valores extremos en el exceso de riesgo observado (SAG, 2014).

## **Movimiento animal**

El movimiento animal es el traslado de uno o más animales desde un predio o lugar de concentración de ganado (LCG) a otros predios o LCG en el territorio nacional, utilizando un medio de transporte autorizado de acuerdo con la ley de carne (SAG, 2011).

El movimiento animal desde rebaños infectados o de áreas en donde la enfermedad es endémica, es uno de los factores de riesgo más importantes que predice la infección a nivel predial, así como la vulnerabilidad de las redes de comercio de ganado a los brotes de enfermedades a gran escala (VanderWaal *et al.*, 2016). La propagación de tuberculosis a través de movimientos de animales es particularmente importante en áreas con baja incidencia de la enfermedad (VanderWaal *et al.*, 2017).

La entrada de animales a un rebaño a través de la compra, en combinación con la moderada sensibilidad de la prueba ano caudal, conforman los principales factores de riesgo relacionados con la introducción de la enfermedad (Reyes, 2012).

La mayoría de los predios en Chile que efectúan compras de animales lo hacen de predios de la zona de erradicación. Casi la totalidad lo hace desde predios negativos (98%) no necesariamente certificados y un 14,3% de ellos no realiza pruebas diagnósticas al ingreso. La proximidad a otros predios afectados con tuberculosis se ha asociado con una mayor probabilidad de tener un animal infectado (Reyes *et al.*, 2012)

La trazabilidad de los animales es clave para comprender y limitar los brotes de enfermedades infecciosas, actualmente un número importante de países exigen registrar todos los movimientos de ganado entre los predios (VanderWaal *et al.*, 2016).

Con la implementación del Plan Nacional de Control y Erradicación de Tuberculosis Bovina en el año 2012, se comenzó a tomar medidas relacionadas con el control de movimiento de animales. Tales medidas fueron: prohibición del traslado de animales desde predios infectados ubicados en la Zona II de Control hacia la Zona I de Erradicación, obligatoriedad de contar con el Dispositivo de Identificación Individual Oficial (DIIO). Los animales reactivos deben ser identificados adicionalmente con un arete de color rojo, y los predios infectados deben enviar sus animales reactivos a mataderos o centros de

faenamiento de autoconsumo (CFA) que cuenten con inspección Médico Veterinaria del SAG (SAG, 2012).

El conocimiento de los patrones de movimientos de los animales mejora nuestra comprensión de la epidemiología de las enfermedades endémicas y epidémicas, lo que lleva a evaluaciones más precisas de los riesgos y una mejor comprensión de medidas de control, incluida la regionalización, la compartimentación y la vigilancia específica (Bajardi *et al.*, 2012).

Para optimizar la implementación de las medidas de vigilancia y control, se necesita investigación adicional, para aclarar qué rebaños y lugares están asociados con un mayor riesgo de introducción y transmisión de enfermedades, y desarrollar métodos para identificar rebaños de alto riesgo en una etapa temprana de la infección y además evaluar la relación entre los predios infectados y las vías por las cuales se han infectados.

### **Experiencia Internacional**

El estudio de las redes de movimientos ganaderos proporciona un sistema para comprender la dinámica de las enfermedades, así como un método para definir medidas de control (Dube *et al.*, 2009). Entre las redes de ganado, la centralidad de los nodos (predios) se ha utilizado como importante indicador del estatus sanitario, que son influyentes en la mediación del flujo de animales. Estos predios altamente conectados se consideran riesgosos de infectarse y transmitir la infección a otros (Mweu *et al.*, 2013).

El análisis de red se ha utilizado en distintos estudios sobre el movimiento de ganado bovino. En el caso del estudio realizado en Dinamarca por Mweu *et al.*, 2013, tuvieron como objetivo caracterizar la red de movimientos de ganado durante un período de 10 años desde 2000 a 2009, con el fin de comprender la cohesión, tenencias influyentes y la vulnerabilidad estructural de la red (Mweu *et al.*, 2013).

El análisis de red de datos involucró todos los movimientos de ganado en Dinamarca registrados durante el período de interés en el que se realizó el estudio (Mweu *et al.*, 2013).

El sistema de comercio de ganado fue representado como una red, que comprende un conjunto de nodos y arcos formados por desplazamientos individuales de ganado entre

predios. Se crearon redes estáticas basadas en movimientos de ganados individuales entre fuentes y predios de destino cada mes (Mweu *et al.*, 2013).

El primer análisis en profundidad sobre los movimientos de ganado a nivel de predios en América del Sur fue realizado en Uruguay, en que se analizaron los movimientos de ganado desde el año 2008 a 2013. Estos movimientos se representaron como redes estacionales y anuales en las que los predios representaban nodos y estos se vincularon en función de la frecuencia y cantidad de los animales movidos (VanderWaal *et al.*, 2016). Los detalles del movimiento de ganado entre los predios del período de estudio se obtuvieron del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de Uruguay. Los registros del movimiento consistían en la fecha de cada movimiento, el número total de animales trasladados de cada clase de edad, además la ubicación de la fuente y la del destino de los animales (VanderWaal *et al.*, 2016). Los resultados de este análisis mostraron la distribución de la cantidad de predios únicos a los que está conectada cada predio a través de movimientos entrantes y salientes, así como el número de animales trasladados; la mayoría de los predios tenían pocos o ningún contacto, mientras que 10% de los predios más conectados representaron 72-83% de los animales trasladados anualmente. Este nivel extremo de heterogeneidad en los patrones de movimiento indicaron que algunos predios pueden ser desproporcionadamente importantes para la propagación de patógenos (VanderWaal *et al.*, 2016). Todo esto sugiere la relevancia del conocimiento sobre los movimientos de ganado bovino en el área de estudio, como un indicador central del nivel de riesgo asociado a convertirse en un predio infectado y por tanto afectar al estatus sanitario de la región, de la zona y del país.



## **OBJETIVO GENERAL**

Describir y caracterizar los movimientos de ganado bovino en predios de la Provincia de Melipilla y su implicancia en la diseminación y transmisión de la TBB.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Describir los movimientos de ganado bovino entre los años 2012-2017 en predios de la Provincia de Melipilla.
2. Establecer una matriz de riesgo de diseminación y transmisión de TBB en base a los movimientos de ganado bovino en predios de la Provincia de Melipilla.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Objeto de estudio**

Para esta Memoria de Título se consideró como predios a todos los planteles lecheros, predios de crianza y de engorda bovina de la Provincia de Melipilla, tanto infectados (casos) como negativos (controles) operativos entre los años 2012 y 2017. Se descartaron ferias y mataderos por estimarse como movimientos finales de un predio y no como una estación permanente de los animales.

La Provincia de Melipilla tiene 311 predios bovinos que son monitoreados por el Servicio Agrícola Ganadero (SAG), de esa totalidad se encuentran, entre los años establecidos para esta Memoria, 109 predios infectados y un total de 174 predios negativos.

### **Fuente de datos**

Los datos utilizados fueron obtenidos desde el sistema de datos sanitarios de la División de Protección Pecuaria (INTERTRACE). El registro contiene los siguientes datos: identificación del establecimiento ganadero definida por su Rol Único Pecuario (RUP), localización definida por la geo-referencia, comuna y región.

Detalles del movimiento de ganado entre predios se obtuvieron de los datos disponibles en el sistema de Información Pecuaria (SIPEC), sistema informático que permite el ingreso, mantención y gestión de los datos de distintos programas técnicos de la División de Protección Pecuaria del SAG, donde se mantienen los registros actualizados sobre los establecimientos pecuarios y animales.

El Programa mantiene la información de un bovino que porte el Dispositivo de Identificación Individual Oficial (DIIO), desde su nacimiento hasta su faena en matadero, incluyendo sus movimientos. Contiene información que permite identificar a los establecimientos pecuarios donde existen permanente o temporalmente animales, utilizando el RUP para la identificación de cada establecimiento.

Se utilizaron los reportes de movimientos de los 109 predios infectados de la provincia (TBB-positivos). Un predio infectado, según la clasificación del SAG, es aquel que cuenta con un respaldo epidemiológico histórico o un diagnóstico histopatológico o aislamiento bacteriológico o determinación molecular que evidencia la existencia de *M. bovis* en uno o más animales del predio o que ha recibido animales infectados de predios cuarentenados por tuberculosis (SAG, 2009). Como contraste, se analizaron los reportes de movimientos de 174 predios negativos de la zona de estudio (TBB-negativos), considerados como aquellos establecimientos pecuarios que han cumplido con una frecuencia de chequeos preestablecida con resultados negativos, que aplican medidas de bioseguridad destinadas a mantener dicha condición (SAG, 2009). Considerando solo a aquellos predios que se encontraban en operación durante el periodo de estudio.

**Objetivo 1.** Describir los movimientos de ganado bovino entre los años 2012-2017 en predios de la Provincia de Melipilla.

Para el desarrollo de este objetivo, se describieron mediante estadística descriptiva (dispersión y tendencia central) las características de cada predio participante de esta Memoria, de manera tal de identificar la cantidad de movimientos de origen y destino de los predios infectados y predios negativos, lo que permitió realizar una clasificación en base al número de movimientos, el número de predios de origen/ destino, región de origen y destino de estos movimientos, y el número de animales movilizados realizados en la zona de estudio, durante el período investigado.

Se realizó una clasificación para incluir la región de origen y/o destino a los movimientos para lo cual se utilizó la zonificación del Plan de TBB en Chile (Chile, 2015) que se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Zonificación del territorio de Chile, según los criterios del Plan de TBB.

ZONIFICACION	REGIONES
Zona de Erradicación Norte	Arica-Parinacota, Tarapacá, Antofagasta
Zona de Control	Atacama, Coquimbo, Valparaíso, Libertador Bernardo O'Higgins, Metropolitana, Maule, Ñuble, Bio-Bio.
Zona de Erradicación Sur	Araucanía, Los Lagos, Los Ríos, Aysén, Magallanes

Para aquellos predios que tuvieron orígenes y/o destinos desde predios ubicados en las regiones pertenecientes a la Zona de Control se le clasificó como origen/destino de control.

Para aquellos predios que tuvieron orígenes y/o destinos desde predios ubicados en las regiones pertenecientes a la Zona de Control y Zona de Erradicación se le clasificó como origen/destino mixto.

Los movimientos de ganado bovino fueron esquematizados utilizando las geo-referencias existentes en los sistemas SIPEC e INTERTRACE del SAG de sus orígenes y/o destinos. A través de éstos se obtuvo una descripción del comportamiento espacial de los movimientos y su cruzamiento con el estatus sanitario de los predios.

**Objetivo 2.** Establecer una matriz de riesgo de diseminación y transmisión de TBB en base a los movimientos de ganado bovino en predios de la Provincia de Melipilla.

Para el abordaje de este objetivo, se consideraron los resultados obtenidos en los chequeos de tuberculinas Prueba Ano Caudal y Prueba Cervical Simple de los predios infectados como negativos de la provincia de Melipilla. Las pruebas son las realizadas por los Médicos Veterinarios Autorizados y por los Médicos Veterinarios Oficiales y los resultados se obtuvieron de los reportes del Servicio Agrícola y Ganadero. Con estos resultados se pudo establecer la prevalencia predial y animal.

La prevalencia se define como la proporción de la población que padece la enfermedad en estudio en un momento específico (Moreno *et al.*, 2000). Y se representa de la siguiente manera:

$$\text{Prevalencia} = \frac{\text{casos en una población en un tiempo determinado}}{\text{población en riesgo en el mismo tiempo}}$$

Con esta información se creó un padrón de predios de alta prevalencia (igual o mayor al 15%) y de baja prevalencia (igual o menor al 14%) para aquellos predios en los cuales no se encontró resultados de PAC Y PCC en los sistemas del SAG, se les categorizó como sin información.

La matriz de riesgo es considerada una herramienta de control y gestión utilizada para identificar el tipo, grado de amenaza y vulnerabilidad inherente a las actividades de un programa, así como los factores exógenos y endógenos relacionados (Gallegos *et al.*, 2017)

Para determinar los niveles de riesgo y ante la ausencia de literatura científica, es que, en relación con la información recabada, la matriz de riesgo fue construida considerando los percentiles 20, 40, 60, 80, 100 para cada variable considerada en esta memoria, con el fin de ajustarlos a una escala tipo Likert de 5 valores (muy alto, alto, intermedio, bajo y muy bajo) con la cual se caracterizó cada variable según su riesgo cualitativo. Las variables que se evaluaron en los predios correspondieron a: los movimientos de origen, que refiere a un riesgo de introducción de la enfermedad hacia los predios; y los movimientos de destino asociados a un riesgo de diseminación de la enfermedad.

Para el almacenamiento y gestión de datos se utilizó el software Microsoft Excel 2010. Los análisis estadísticos y epidemiológicos fueron realizados con el software estadístico INFOSTAT 2018.

### **Aspectos éticos**

La información sobre la identificación de los predios (Nombre, RUP y coordenadas geográficas) se mantuvo en estricta confidencialidad y solo fue conocida por el equipo de investigación. Para el objetivo de la publicación de esta memoria de título, así como de cualquier otra publicación realizada con los resultados de este trabajo, los predios fueron

identificados con un código alfanumérico cuyos caracteres no tendrán ninguna relación con su identificación, y su localización geográfica será reportada a nivel de comuna.

## RESULTADOS

### **Objetivo 1: Describir los movimientos de ganado bovino entre los años 2012-2017 en predios de la Provincia de Melipilla.**

La Provincia de Melipilla se encuentra constituida por 5 comunas: Melipilla, Alhué, Curacaví, María Pinto y San Pedro. Posee 2260 predios bovinos, de los cuales 311 son monitoreados por el Servicio Agrícola Ganadero (SAG), los que representan el 61,2 % de la totalidad de bovinos declarados en el censo agropecuario del año 2007.

Un total de 283 predios fueron considerados en este estudio de los cuales el 38,5% representa a predios infectados en la Provincia y el 61,5% a predios negativos.

La tabla 2 resume la totalidad de predios por comuna según su clasificación sanitaria.

**Tabla 2.** Resumen de predios de la Provincia de Melipilla, según estatus sanitarios y comuna.

<b>Comuna</b>	<b>Total N (%)</b>	<b>Predios Infectados N (%)</b>	<b>Predios Negativos (%)</b>
<b>Melipilla</b>	159 (56%)	66 (60,5%)	93 (53,4%)
<b>Alhué</b>	2 (0,7%)	1 (0,9%)	1 (0,6%)
<b>Curacaví</b>	15 (5,3%)	7 (6,4%)	8 (4,5%)
<b>María Pinto</b>	85 (30%)	27 (24,8%)	58 (33,3%)
<b>San Pedro</b>	22 (7,8%)	8 (7,3%)	14 (8,3%)
<b>Total</b>	283 (100%)	109 (100%)	174 (100%)

### Descripción por Tipo de Producción

A través del sistema SIPEC e INTERTRACE del SAG se obtuvo el tipo de producción de cada uno de los predios participantes en los cuales se encontraron las siguientes categorías como sistemas productivos: Lechería, Engorda, Crianza. Además, se consideró agregar una categoría denominada Comerciantes que representan a personas naturales que poseen un rol único pecuario (RUP) y que compran/venden animales inmediatamente.

De la totalidad de predios considerados en el estudio 116 corresponden a lecherías (41%), 34 predios son engordas (12%), 104 predios corresponden a crianza (37%), y los 29 predios restantes son comerciantes (10%).

La tabla 3 resume la totalidad de predios por sistema productivo según su clasificación sanitaria.

**Tabla 3.** Resumen de predios de la Provincia de Melipilla, según estatus sanitarios y sistema productivo.

Tipo de Producción	Predios infectados		Predios negativos	
	N	%	N	%
Lechería	38	35	78	45
Engorda	24	22	10	6
Crianza	36	33	68	39
Comerciantes	11	10	18	10
Total	109	100	174	100

### Movimientos de Ingreso de ganado

Entre los años 2012 y 2017 se registraron 6.103 movimientos de ingreso de ganado en la Provincia de Melipilla, registrándose una media de 21,6 movimiento/predio, con una mediana de 2 movimientos y un rango de entre 0 y 468 movimientos en los predios. El 66,7% de movimientos de ingreso fueron en predios infectados y el 33,3% movimientos en predios negativos.



La cantidad de animales que ingresaron a los predios fue de 49.345 animales, registrándose una media de 174 animales/predio y una mediana de 4 bovinos, con un rango entre 0 y 4.249 bovinos. Un total de 31.264 animales fueron movilizados en predios infectados representando el 63,4% y un total de 18.081 fueron movilizados en predios negativos de la zona representando el 36,7%.

La totalidad de predios desde donde ingresaron animales hacia los predios participantes es de 1.139 predios, con una media de 4 predios para el abastecimiento de un plantel en la provincia.

Un 19,3% de predios infectados y el 50% de predios negativos, no reportaron movimientos de ingreso de animales en el periodo de estudio.

### **Movimientos de Ingreso por comuna**

De los 6103 movimientos de ingreso de ganado registrados durante los años 2012-2017, el 61% es hacia predios ubicados en la comuna de Melipilla, registrando un 60% de los animales movilizados. El 23 % de los movimientos pertenecen a la comuna de María Pinto, con un 21% de los animales movilizados, el 9% pertenecen a la comuna de San Pedro con un 5% de los animales movilizados; la comuna de Curacaví tiene un 7% de los movimientos de animales registrados en este periodo y un 13% de la totalidad de animales, la comuna de Alhué no presentó movimientos de ingreso de animales.

En la tabla 4 y 5 se observan los movimientos de ingreso por comuna y estatus sanitario respectivamente.

**Tabla 4.** Movimientos de ingreso por comuna en predios infectados.

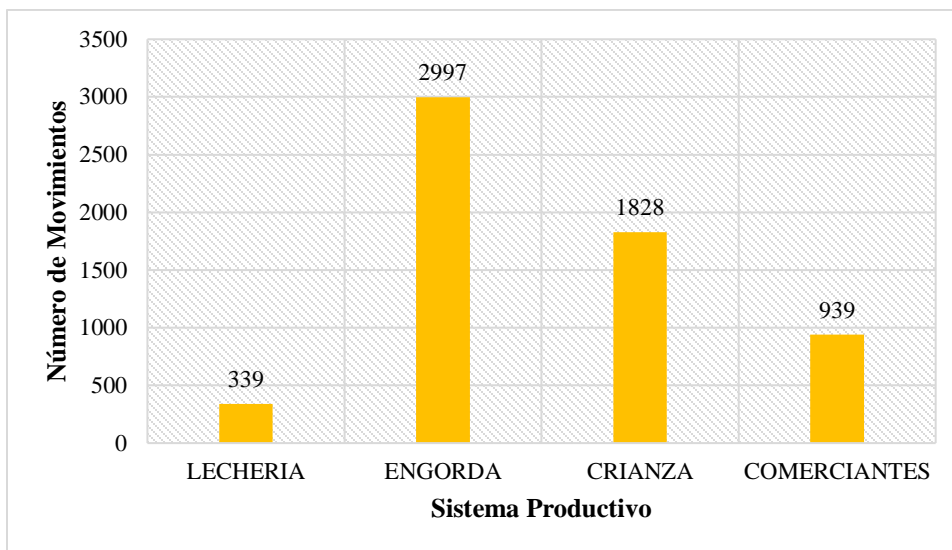
Comuna	Movimientos de Ingreso		Cantidad de animales ingresados	
	N	%	N	%
Melipilla	2379	58,42	19782	63,27
Curacaví	297	7,29	1449	4,63
María Pinto	988	24,26	7888	25,23
San Pedro	408	10,02	2145	6,86
Total	4072	100	31264	100

**Tabla 5.** Movimientos de ingreso por comuna en predios negativos.

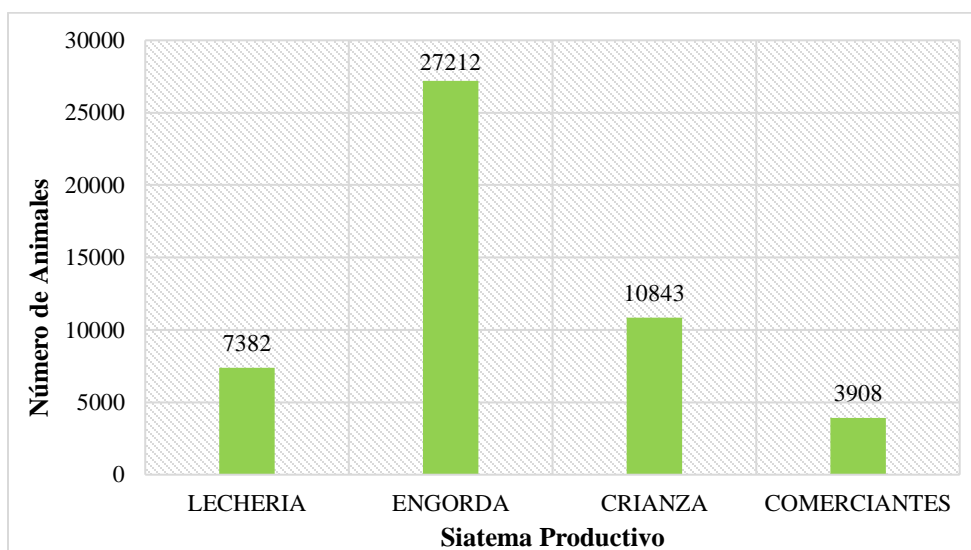
Comuna	Movimientos de Ingreso.		Cantidad de animales ingresados.	
	N	%	N	%
Melipilla	1348	66,37	9823	54,33
Curacaví	138	6,79	4934	27,29
María Pinto	398	19,60	2651	14,66
San Pedro	147	7,24	673	3,27
Total	2031	100	18081	100

### **Movimientos de Ingreso de ganado por Sistemas Productivos**

De la totalidad de movimientos de ingreso de ganado, el 49% de estos fue en predios categorizados en el sistema productivo de engorda bovina, teniendo además el 40% de los animales movilizados. El 30% de los movimientos fueron desde predios de crianza, con un 33% de los animales movilizados. Las lecherías representaron el 6% de los movimientos de ingreso de ganado con un 12% de los animales movilizados durante el periodo de estudio. Un 15 % de los movimientos corresponden a la categoría denominada comerciantes manteniendo un 15% de los animales movilizados.



**Figura 1.** Movimientos de Ingreso de ganado por sistema productivo (N=6103).



**Figura 2.** Totalidad de animales ingresados por sistema productivo (N=49345).

De la totalidad de movimientos de ingreso de ganado hacia los predios del estudio, el 23,4% fue desde un origen mixto y el 76,6% tiene su origen de control.

La tabla 6 muestra el resumen de movimientos de ingreso según zonificación del Plan de TBB y clasificación sanitaria.

**Tabla 6.**Resumen de movimientos de ingreso de ganado bovino por zonificación del territorio nacional, según los criterios del plan de TBB y su clasificación sanitaria

Movimiento de Ingreso.	Predios infectados		Predios negativos	
	N	%	N	%
Origen de control	61	56	73	42
Origen mixto	27	24,8	14	8
Sin movimientos.	21	19,2	87	50
Total	109	100	174	100

#### **Movimiento de ingreso de ganado según región de origen**

De la totalidad de movimientos de ingreso de ganado registrados para el abastecimiento de los predios del estudio, el mayor porcentaje de los movimientos fueron desde predios ubicados en la Región Metropolitana (49%), Región de la Araucanía (13%) y Región de Valparaíso (10%) (Tabla 7).

**Tabla 7.** Porcentaje de los movimientos de ingreso de ganado bovino según predio de destino de la Provincia de Melipilla (Totales, infectados o negativos) y según la región de origen de esos movimientos.

Región de Origen	Predios de destino (%)		
	Totales	Infectados	Negativos
<b>XV de Arica y Parinacota</b>	0	0	0
<b>I de Tarapacá</b>	0	0	0
<b>II de Antofagasta</b>	0,02	0,02	0
<b>III de Atacama</b>	0,03	0	0,1
<b>IV de Coquimbo</b>	1,56	1,08	2,51
<b>V de Valparaíso</b>	9,96	9,41	11,07
<b>Metropolitana</b>	49,09	49,78	47,71
<b>VI de O'Higgins</b>	3,56	1,79	7,08
<b>VII del Maule</b>	4,23	5,16	2,36
<b>XVI del Ñuble</b>	6,16	6,14	6,2
<b>VIII Bio Bio</b>	12,68	14,55	8,95
<b>IX de la Araucanía</b>	2,02	1,06	3,94
<b>XIV de Los Ríos</b>	6,44	5,63	8,07
<b>X de Los Lagos</b>	1,26	1,03	1,72
<b>XI de Aysén</b>	0,1	0,02	0,25
<b>XII de Magallanes</b>	2,9	4,32	0,05

### **Tipo de movimientos de ingreso de ganado bovino en la Provincia**

Para los movimientos de ingreso de ganado hacia los predios de la Provincia de Melipilla se registraron 3 tipos de movimientos que fueron: movimientos de predio-predio, feria-predio, medialuna- predio. El mayor número de movimientos de ingreso de ganado bovino y de animales se registró en el tipo de movimiento desde feria a predio (50,6%) (Tabla 8).

**Tabla 8.** Totalidad de movimientos y animales ingresados según tipo de movimiento de ganado.

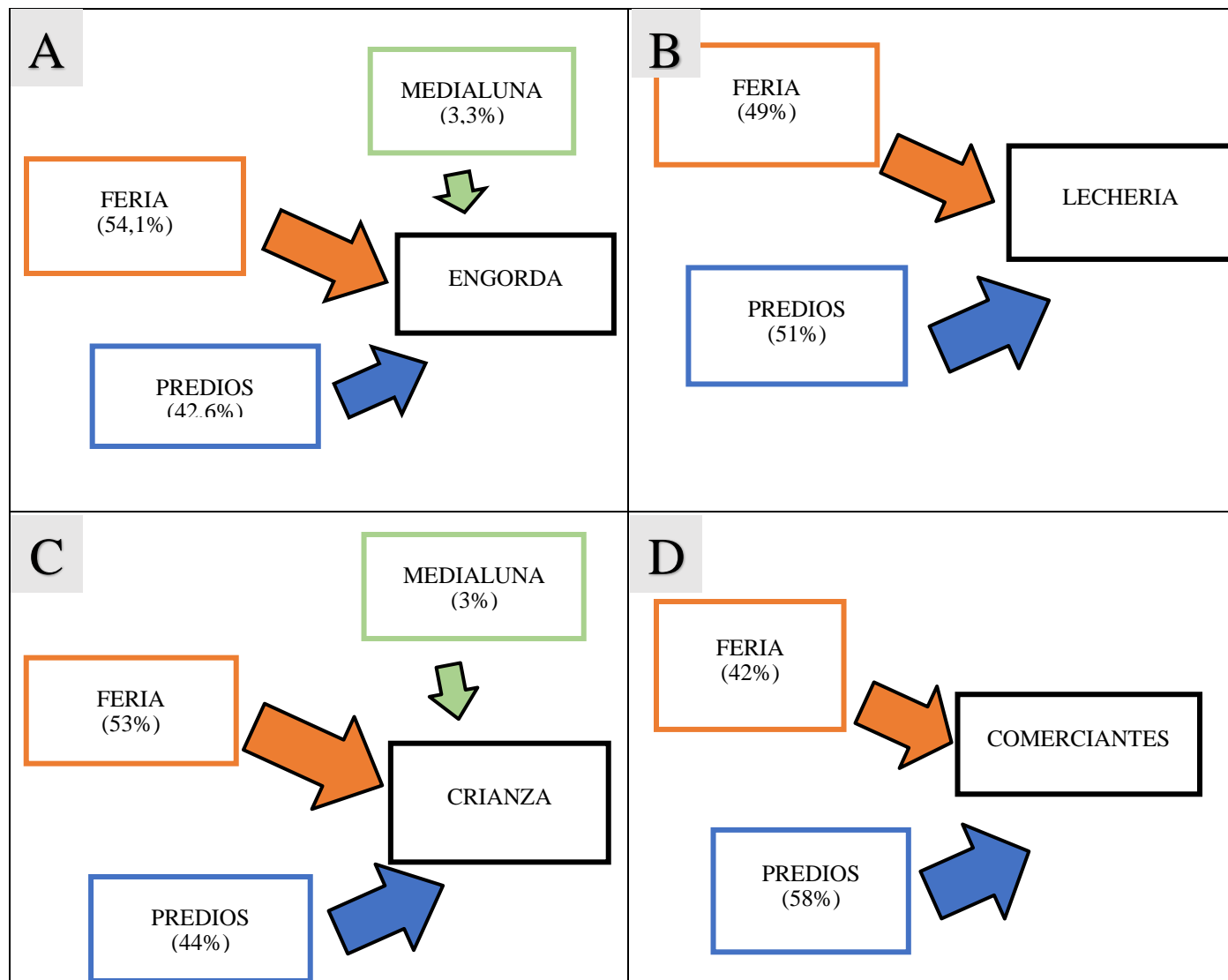
Tipo de Movimiento	Cantidad de Movimientos de Ingreso.		Cantidad de Animales.	
	N	%	N	%
Predios- Predio	2799	45,86	21891	44,36
Feria-Predio	3137	51,40	26351	53,40
Medialuna- Predio	167	2,74	1103	2,24
Total	6103	100	49345	100

En el tipo de movimiento de predio a predio (45,9%) existen diferentes estatus sanitarios de los predios de destino (infectados, negativos, desconocido). El 23,2 % de este tipo de movimiento fue desde predios con un estatus sanitario negativo, el 6,6% desde predios con un estatus sanitario infectado y el 16,1 % a predios que no se conoce su estatus sanitario (desconocido).

### **Tipos de movimientos por sistemas productivos**

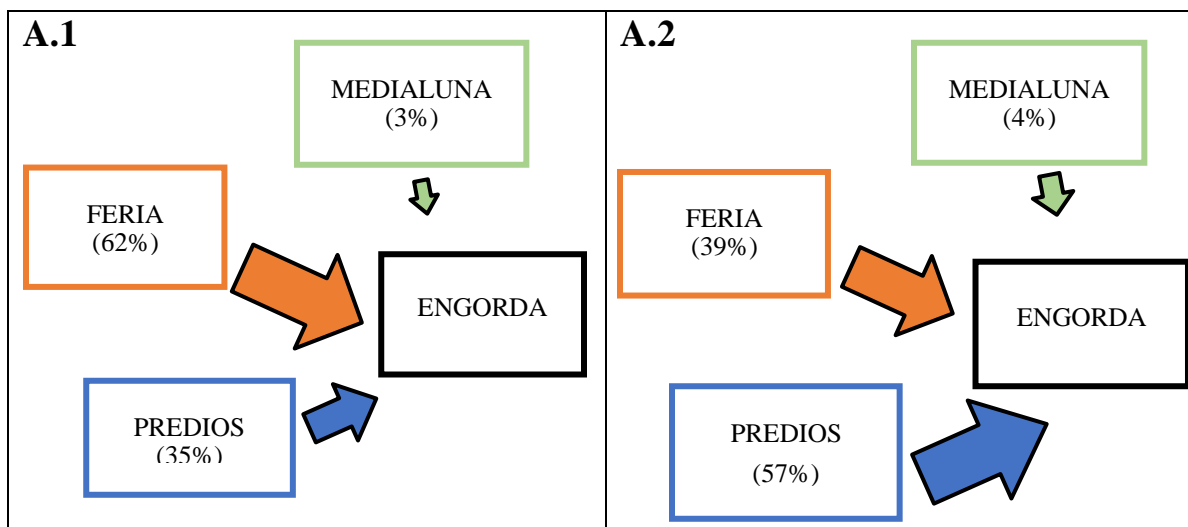
En las engordas bovinas de la provincia de Melipilla el mayor número de movimientos de ingreso tuvo como origen a ferias ganaderas registrando 1620 movimientos y una media de 11,7 movimientos/feria, 1277 de los movimientos de ingreso en las engordas tienen como origen otros predios, registrando una media de 3,4 movimientos/predio, además se registraron 100 movimientos de ingreso desde medialunas con una media de 8,8 movimientos/medialuna lo que se representa esquemáticamente en la figura 3A. En las lecherías el mayor número de movimientos de ingreso tuvo como origen a ferias ganaderas, registrando 167 movimientos y una media de 4,5 movimientos/feria. Un total de 172 movimientos de ingreso en las lecherías tienen como origen otros predios, registrando una media de 2,1 movimientos/predio representado en la figura 3B. En las crías bovinas del estudio el mayor número de movimientos de ingreso tuvo como origen a ferias ganaderas, registrando 960 movimientos y una media de 8 movimientos/feria. Un total de 803 movimientos de ingreso en las crías tuvieron como origen otros predios, registrando una media de 4,8 movimientos/predio representado en la figura 3C.

El mayor número de movimientos de ingreso en la categoría de comerciantes tuvo como origen a otros predios, registrando 803 movimientos y una media de 4,8 movimientos/predio. Un total de 390 movimientos de ingreso en los comerciantes tuvieron como origen ferias ganaderas, registrando una media de 10,5 movimientos/feria representado la figura 3D.



**Figura 3.** Representación proporcional de los movimientos de ingreso de ganado bovino por sistema productivo en la Provincia de Melipilla A) engorda, B) Lechería, C) Crianza y D) Comerciantes.

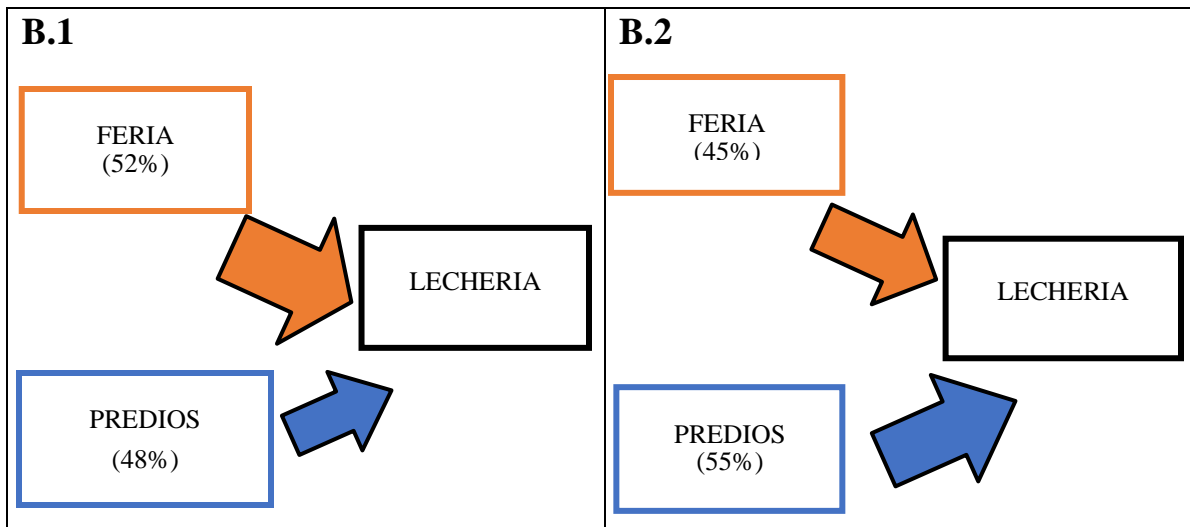
En las engordas infectadas el mayor número de los movimientos de ingreso de ganado tuvo como origen a ferias ganadera correspondiente a 1211 movimientos con una media de 12,4 movimientos/feria a diferencia de las engordas negativas cuales tuvieron un mayor número de movimientos de ingreso con un origen desde otros predios, registrando 595 movimientos con una media de 3,3 movimientos/predio los cuales pueden observarse en la figura 4 A.1 y A.2.



**Figura 4.** Representación proporcional de flujo de los tipos de movimientos de ganado en engordas bovinas. A.1) infectadas y A.2) negativas de la Provincia de Melipilla.

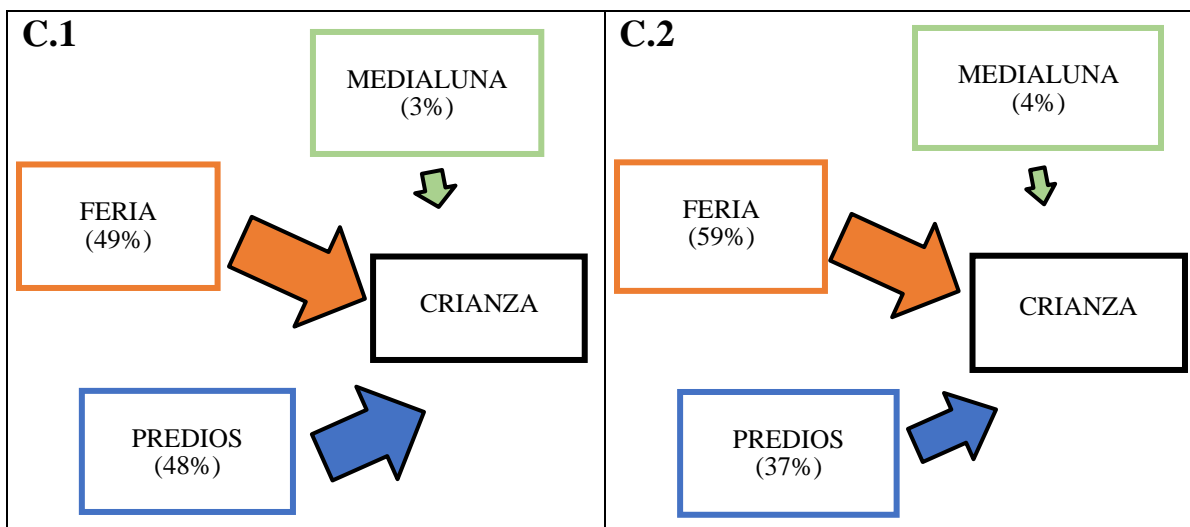
En el caso de las lecherías infectadas el mayor número de los movimientos de ingreso de ganado tuvo como origen a ferias ganaderas correspondiente a 107 movimientos con una media de 5,3 movimientos/feria a diferencia de las lecherías negativas cuales tuvieron el mayor número de movimientos de ingreso de ganado con un origen desde otros predios, registrando 74 movimientos con una media de 1,8 movimientos/predio cuales se representan en la figura 5 B.1 y B.2.





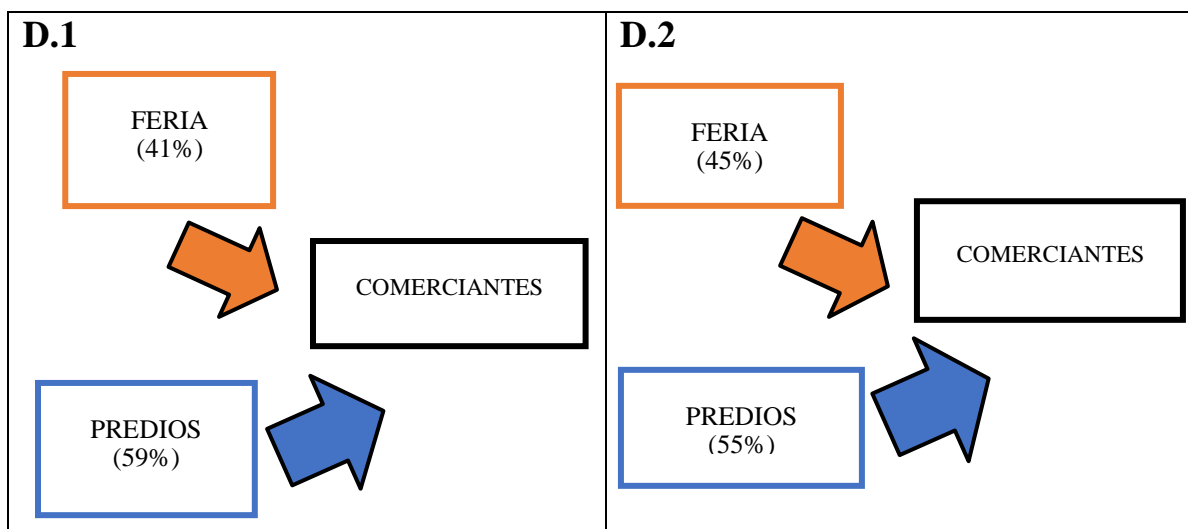
**Figura 5.** Representación proporcional de flujo de los tipos de movimientos de ingreso de ganado en lecherías bovinas. B.1) infectadas y B.2) negativas de la Provincia de Melipilla.

En el caso de las cranzas infectadas y negativas el mayor número de los movimientos de ingreso de ganado tuvo como origen a ferias ganadera correspondiente a 559 y 401 movimientos con una media de 9,8 y 6,4 movimientos/feria respectivamente, como se observa en la figura 6 C.1.y C.2.



**Figura 6.** Representación proporcional de flujo de los tipos de movimientos de ingreso de ganado en cranzas bovinas de la Provincia de Melipilla. C.1) infectadas y C.2) negativas.

En el caso de los comerciantes clasificados como infectados el mayor número de los movimientos de ingreso de ganado tuvo como origen a otros predios correspondiente a 470 movimientos con una media de 3,8 movimientos/predio, en los comerciantes negativos el mayor número de movimientos de ingreso de ganado provino desde otros predios, registrando 77 movimientos con una media de 4 movimientos/predio cuales se observan en la figura 7 D.1.y D.2.



**Figura 7.**Representación proporcional de flujo de los tipos de movimiento de ingreso de ganado en comerciantes de la Provincia de Melipilla. D.1) infectadas y D.2) negativos.

### Movimientos de salida de ganado

Se registraron 8.250 movimientos de salida de ganado desde los predios participantes del estudio, en la Provincia de Melipilla, obteniendo una media de 29,1 movimientos/predio, registrando una mediana de 7 movimientos, con un rango entre 0 y 467 movimientos en los predios considerados.

La cantidad de animales que salieron de los predios fue de 84.914 animales, obteniendo una media de 300 animales/predio, una mediana de 23 animales/predio y un rango entre 0 y 7.609 animales/predio. Un total de 51.703 animales fueron movilizados desde predios infectados representando el 60,9% y un total de 33.211 fueron movilizados desde predios negativos de la zona representando el 39,1%.

La totalidad de predios que recibieron ganado desde los predios participantes es de 1.268 con una media de 2 predios que recibieron animales durante el periodo de estudio, una mediana de 4 predios en un rango de 0 y 42.

El 8,3% de predios infectados y el 30,5% de predios negativos no presentaron movimientos de salida de ganado en el periodo de estudio.

### **Movimientos de salida por comuna.**

De la totalidad de 8250 movimientos de salida de ganado registrados durante los años 2012-2017, el 63% corresponden a salidas de ganado desde predios ubicados en la comuna de Melipilla, registrando además un 59% de los animales movilizados. El 18 % de los movimientos pertenecen a la comuna de María Pinto, con un 17% de los animales movilizados, el 9,3% pertenecen a la comuna de San Pedro con un 7 % de los animales movilizados; la comuna de Curacaví tiene un 9,5 % de los movimientos de animales registrados en este periodo y un 17% de la totalidad de animales, la comuna de Alhué presento un 0,2% de los movimientos de salida de ganado con un 0,2 % de los animales movilizados.

En la tabla 9 y 10 se observan la totalidad y el respectivo porcentaje de los movimientos de salida de ganado por comuna y estatus sanitario respectivamente, además de la cantidad de animales que salieron por comuna

**Tabla 9.** Movimientos de salida de ganado por comuna desde predios infectados.

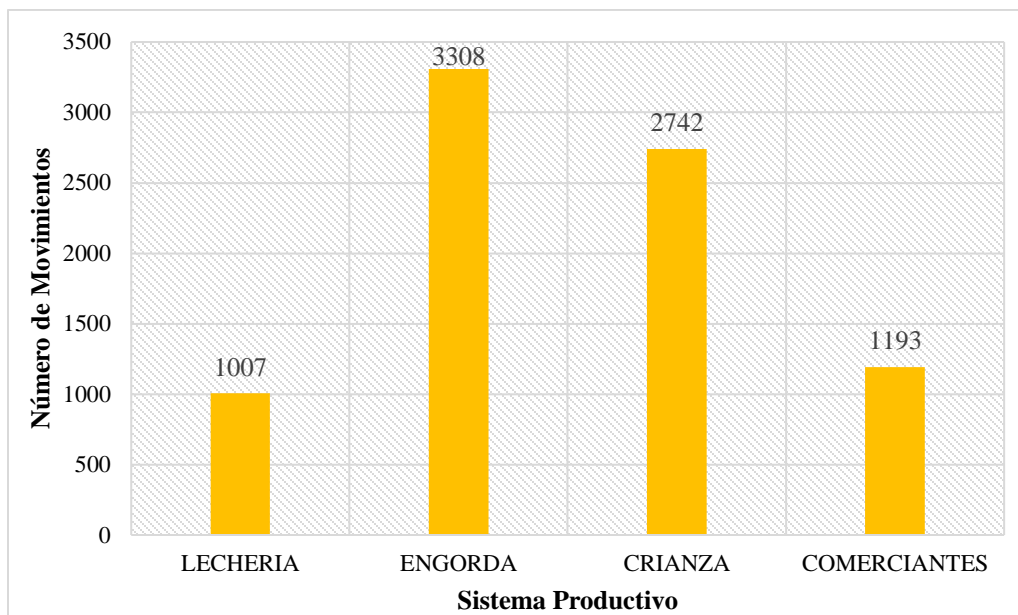
Comuna	Movimientos de Salida.		Cantidad de animales que salen	
	N	%	N	%
Melipilla	3272	60,73	31721	61,35
Alhué	5	0,09	135	0,26
Curacaví	509	9,45	4729	9,15
María Pinto	1138	21,12	10853	20,99
San Pedro	464	8,61	4265	8,25
Total	5388	100	51703	100

**Tabla 10.** Movimientos de salida de ganado por comuna desde predios negativos.

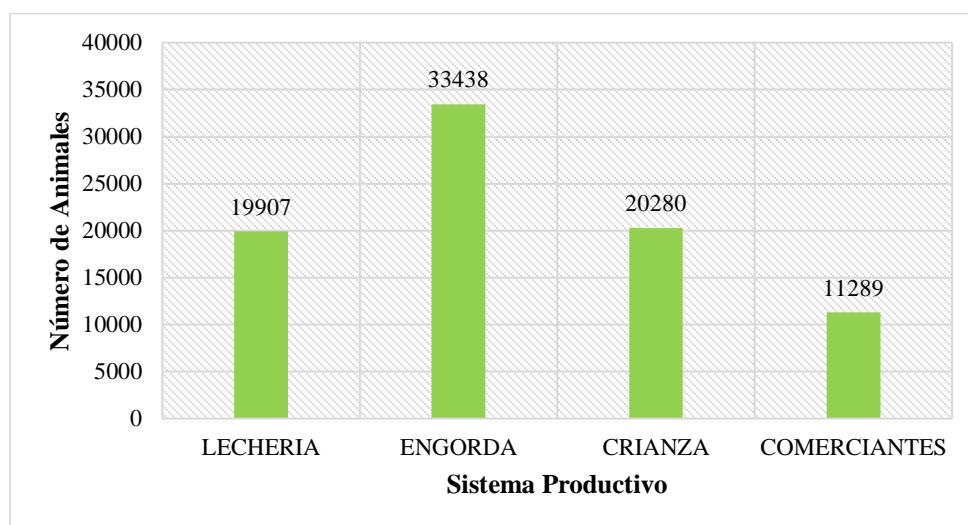
Comuna	Movimientos de Salida.		Cantidad de animales que salen	
	N	%	N	%
Melipilla	1921	67,12	17985	54,15
Alhué	8	0,28	17	0,05
Curacaví	276	9,64	9736	29,32
María Pinto	346	12,09	3596	10,83
San Pedro	311	10,87	1877	5,65
Total	2862	100	33211	100

#### **Movimientos de salida de ganado por Sistemas Productivos**

De la totalidad de movimientos de salida de ganado durante el periodo de estudio, el 40% fue desde predios categorizados en el sistema productivo de engorda bovina, teniendo además el 39% de los animales movilizados, el 33% de los movimientos fueron desde predios de crianza, con un 24% de los animales movilizados, las lecherías representaron el 12% de los movimientos de salida de ganado con un 23% de los animales movilizados durante el periodo de estudio, un 15 % de los movimientos corresponden a la categoría denominada comerciantes y manteniendo un 13% de los animales movilizados. (Figuras 8 y 9)



**Figura 8.** Movimientos de salida de ganado por sistema productivo (N=8250).



**Figura 9.** Totalidad de animales que salen por sistema productivo (N=84914) en la Provincia de Melipilla durante el periodo de estudio.

En los movimientos de salida de ganado desde los predios, cerca del 14% tuvo destino mixto y el 85,9% hacia destino de control.

La Tabla 11 muestra el resumen de movimientos de salida de ganado según zonificación del Plan de TBB y clasificación sanitaria de los predios.

**Tabla 11.** Resumen de movimientos de egreso de ganado bovino por zonificación del territorio nacional según los criterios del Plan de TBB y su clasificación sanitaria.

Movimiento de Egreso.	Predios infectados		Predios negativos	
	N	%	N	%
Destino de control	84	77	106	61
Destino mixto	16	14,7	15	8,6
Sin movimientos.	9	8,3	53	30,4
Total	109	100	174	100

#### **Movimiento de salida de ganado según región de destino**

De la totalidad de movimientos de salida de ganado desde los predios de la Provincia de Melipilla, el mayor porcentaje de los movimientos fueron hacia predios ubicados en la Región Metropolitana, Región de Valparaíso, Región de Coquimbo y la Región del Biobío.

En la siguiente tabla se representa el porcentaje del total de movimientos de salida de ganado según región de destino, siendo la Región Metropolitana (62%) y la Región de Valparaíso (20%) las que tuvieron un mayor número de movimientos de salida de ganado bovino durante el periodo de estudio (Tabla 12).

**Tabla 12.** Porcentaje de los movimientos de salida de ganado bovino según predio de origen de la Provincia de Melipilla (totales, infectados o negativos), según la región de destino de esos movimientos.

Región de Destino	Predios de origen (%)		
	Totales	Infectados	Negativos
<b>XV Arica y Parinacota</b>	0	0	0
<b>I de Tarapacá</b>	0,13	0	0,38
<b>II de Antofagasta</b>	0,18	0	0,52
<b>III de Atacama</b>	0	0	0
<b>IV de Coquimbo</b>	4,74	4,32	5,52
<b>V de Valparaíso</b>	20,18	21,3	18,12
<b>Metropolitana</b>	62,07	61,07	63,93
<b>VI de O'Higgins</b>	2,39	2,65	1,9
<b>VII del Maule</b>	1,76	1,92	1,45
<b>XVI de Ñuble</b>	0,42	0,65	0
<b>VIII Bio Bio</b>	4,65	5,4	3,28
<b>IX de la Araucanía</b>	1,41	0,99	2,17
<b>XIV de Los Ríos</b>	0,41	0,5	0,24
<b>X de Los Lagos</b>	1,65	1,2	2,49
<b>XI de Aysén</b>	0	0	0
<b>XII de Magallanes</b>	0	0	0

\*Incluye movimientos de salida de ganado hacia mataderos.

### **Tipo de movimientos de salida de ganado en la Provincia**

Para los movimientos de salida de ganado desde los predios de la provincia de Melipilla se registraron 4 tipos de movimientos que son: movimientos de predio-predio, predio- feria, predio-medialuna, predio-matadero. El mayor número de movimientos de salida de ganado bovino y de animales se registró en el tipo de movimiento Predio hacia Feria (33,6%) y en el movimiento desde predio hacia matadero (32,6%) (Tabla 13).

**Tabla 13.** Totalidad de movimientos y animales según tipo de movimiento de salida de ganado.

Tipo de Movimiento.	Cantidad de Movimientos.		Cantidad de Animales.	
	N	%	N	%
Predios- Predio	2201	26,67	23141	27,26
Predio-Feria	2751	33,35	34894	41,09
Predio - Matadero	2686	32,56	25128	29,59
Predio-Medialuna	612	7,42	1751	2,06
Total	8250	100	84914	100

En el tipo de movimiento de predio a predio existen diferentes estatus sanitarios de los predios de destino (infectados, negativos, desconocido). El 11,5 % de este tipo de movimiento fue a predios con un estatus sanitario negativo, el 5,6% a predios con un estatus sanitario infectado y el 9,6% a predios que no se conoce su estatus sanitario (desconocido).

### **Tipos de movimientos por sistemas productivos**

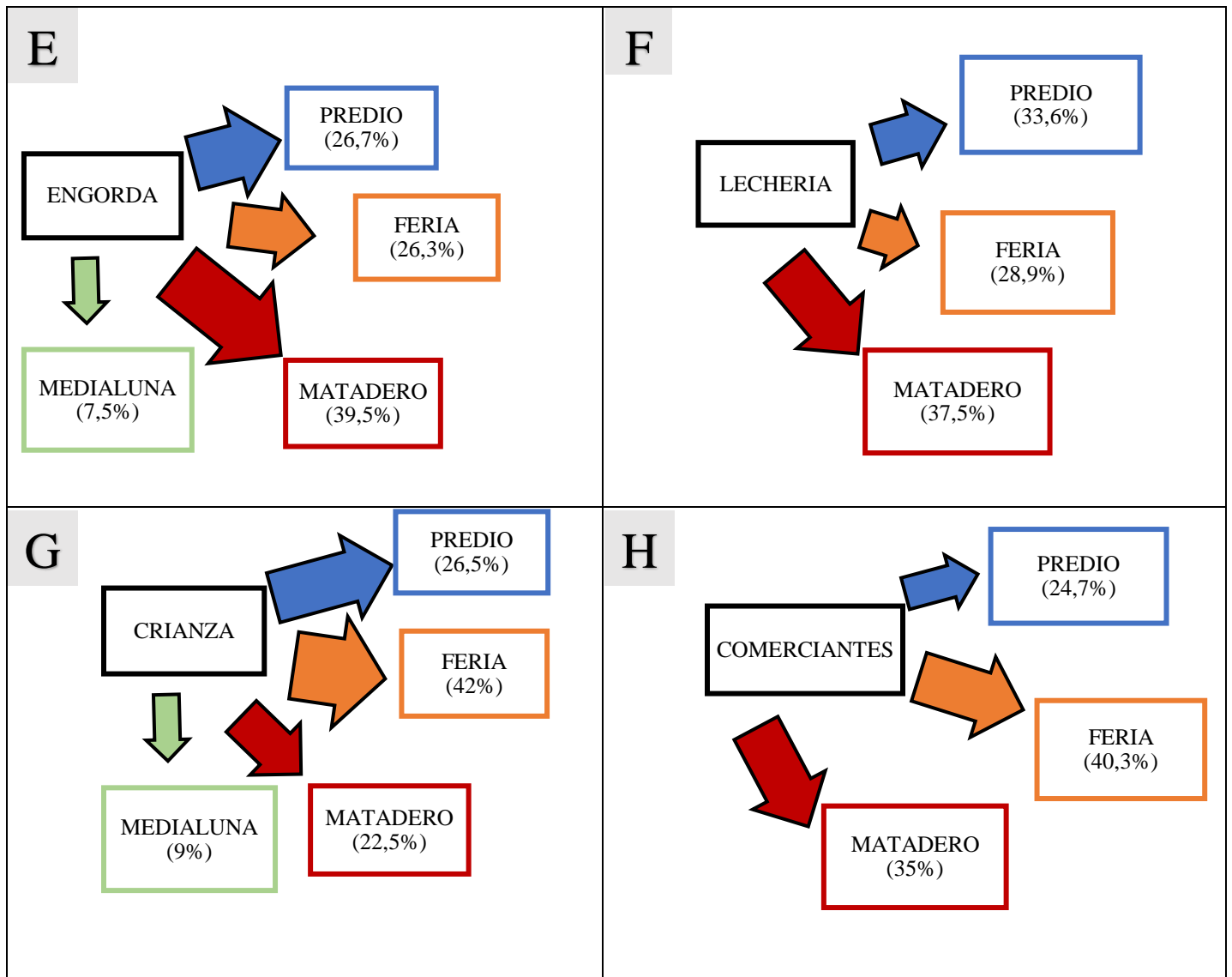
En las engordas bovinas de la provincia de Melipilla el mayor número de movimientos de salida de ganado fue hacia mataderos, registrando 1308 movimientos y una media de 10,2 movimientos/matadero, 884 de los movimientos de salida desde las engordas tuvo como destino otros predios, registrando una media de 3,5 movimientos/predio, además se registraron 867 movimientos de salida hacia ferias ganaderas con una media de 17,3 movimientos/feria, se tuvo también como destino a medialunas con 249 movimientos con una media de 10,3 lo que se representa esquemáticamente en la figura 10E.

En las lecherías el mayor número de movimientos de salida tuvo como destino a mataderos, registrando 378 movimientos y una media de 3,8 movimientos/matadero. Un total de 338 movimientos de salida en las lecherías tuvo como destino hacia otros predios, registrando



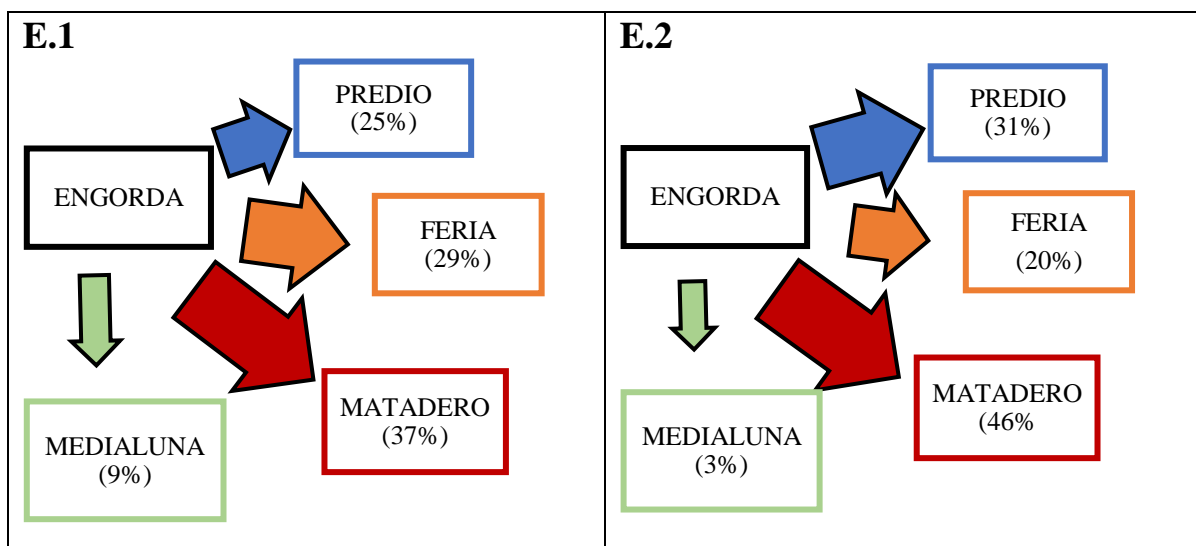
una media de 2,1 movimientos/predio, además se registraron 291 movimientos hacia ferias ganaderas con una media de 5,6 representado en la figura 10F.

En las crianzas bovinas el mayor número de movimientos de salida tuvo como destino a ferias ganaderas, registrando 1151 movimientos y una media de 11,5 movimientos/feria. Un total de 726 movimientos de salida de ganado en las crianzas tuvieron como destino a otros predios, registrando una media de 4,4 movimientos/predio, además se registraron 616 movimientos de salida hacia matadero de 5,2 movimiento/matadero y 249 movimientos hacia medialunas con una media de 11, 3 movimiento/medialuna representado a través de un esquema en la figura 10G. En los comerciantes de ganado bovino el mayor número de movimientos de salida tuvo como destino ferias ganaderas, registrando 480 movimientos y una media de 16 movimientos/feria. Un total de 418 movimientos de salida de ganado en los comerciantes tuvieron como destino mataderos, registrando una media de 8,3 movimientos/matadero, además se registraron 295 movimientos de salía hacia otros predios con una media de 2.8 movimiento/predio lo que puede observarse en la figura 10H.



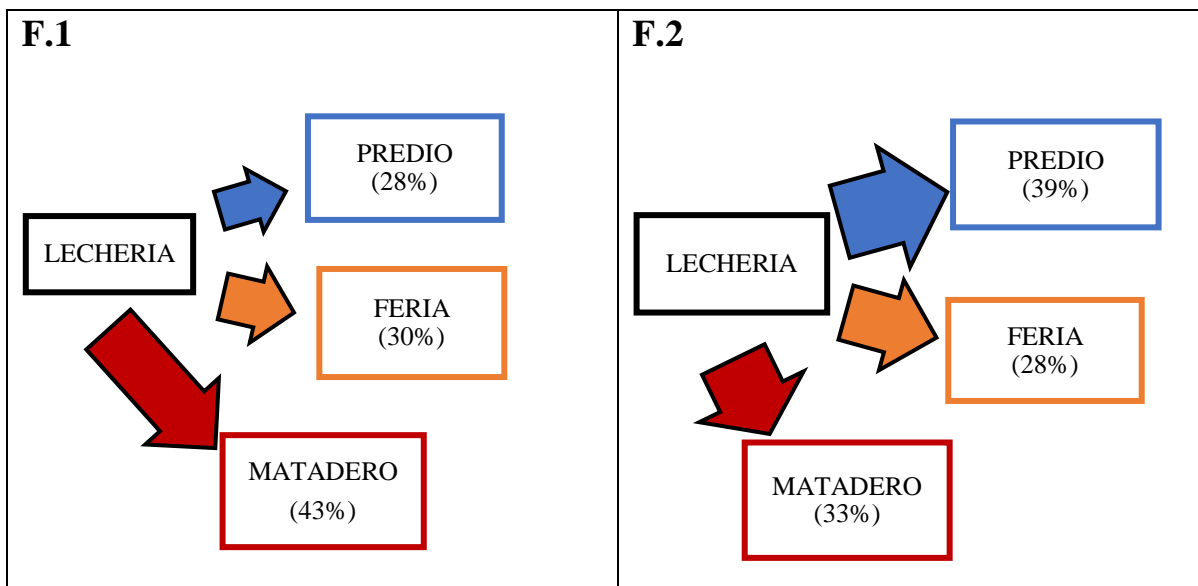
**Figura 10.** Representación proporcional a las flechas de los movimientos de salida de ganado bovino por sistema productivo en la Provincia de Melipilla. E) engorda, F) lechería, G) crianza y H) comerciantes.

En las engordas infectadas y negativas el mayor número de los movimientos de salida de ganado tuvo como destino mataderos correspondiente a 871 y 437 movimientos con una media de 9,3 y 12,5 movimientos/matadero respectivamente, en el caso de los predios infectados como segundo movimiento de salida de importancia es hacia ferias ganaderas que fueron de 677 con una media de 17,8 a diferencia de las engordas negativas cuales tuvieron un mayor número de movimientos de salida hacia otros predios, registrando 296 movimientos con una media de 5,6 movimientos/predio los cuales pueden observarse en la figura 11 E.1 y E.2.



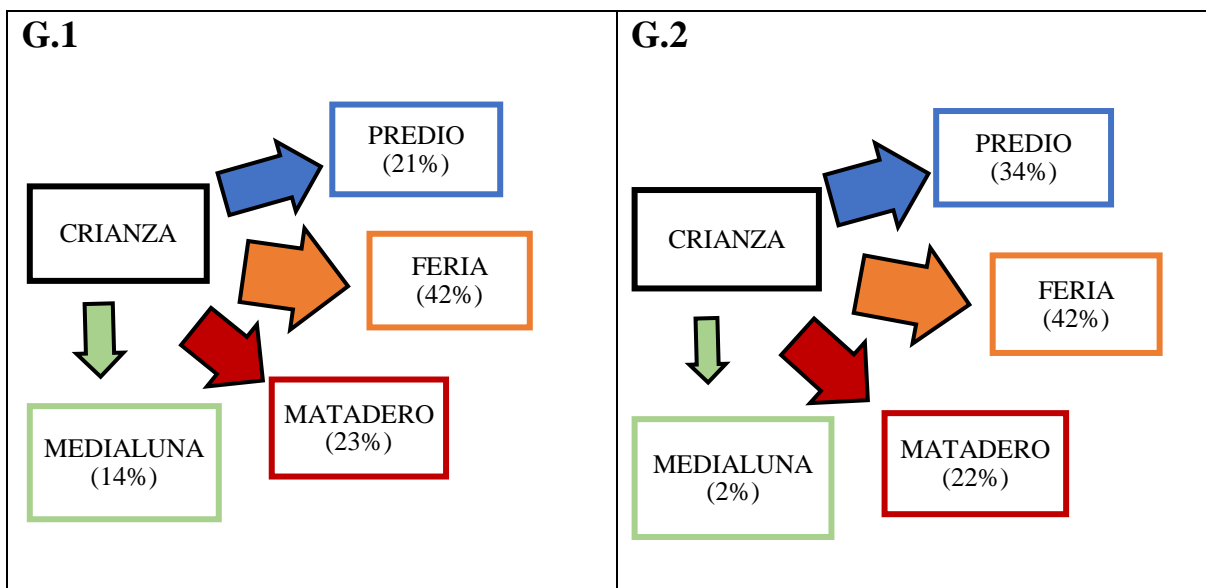
**Figura 11.** Representación proporcional de los tipos de movimientos de salida de ganado en engordas bovinas de la Provincia de Melipilla. E.1 infectada y E.2 negativo.

En el caso de las lecherías infectadas el mayor número de los movimientos de salida de ganado tuvo como destino mataderos correspondiente a 202 movimientos con una media de 4,3 movimientos/matadero a diferencia de las lecherías negativas cuales tuvieron el mayor número de movimientos de salida de ganado con un destino hacia otros predios, registrando 207 movimientos con una media de 2,3 movimientos/predio cuales se esquematizan en la figura 12 F.1 y F.2.



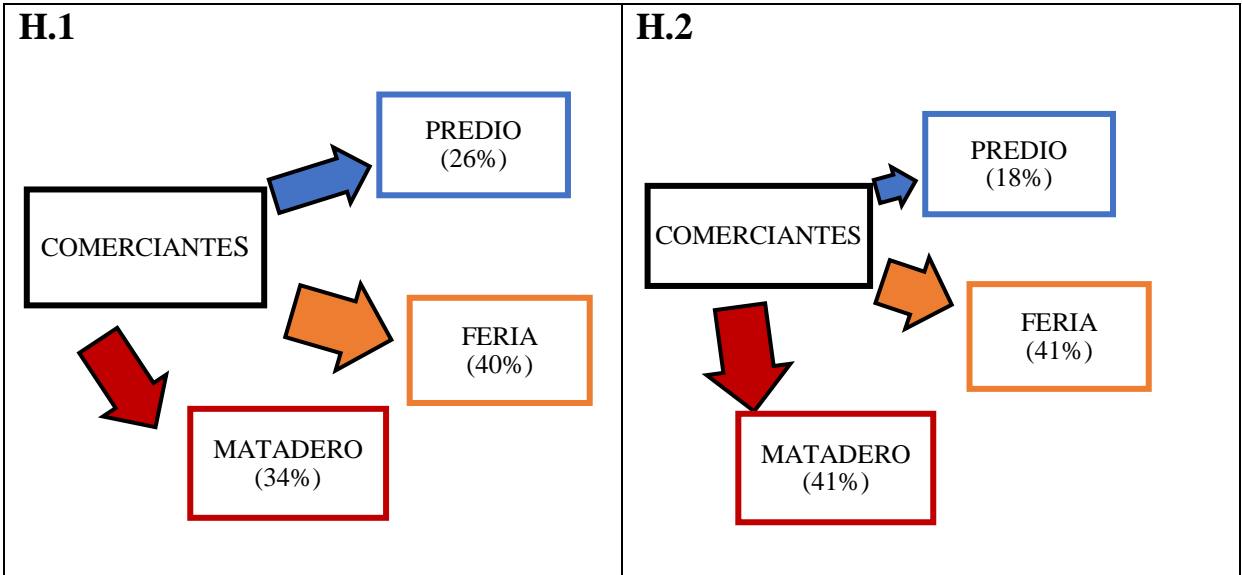
**Figura 12.** Representación proporcional de flujo de los tipos de movimientos de ganado en lecherías de la Provincia de Melipilla. F.1 infectadas y F.2 negativos.

En el caso de las cranzas infectadas y negativas el mayor número de los movimientos de salida de ganado tuvo como destino a ferias ganadera correspondiente a 667 y 484 movimientos con una media de 14,8 y 8,8 movimientos/feria respectivamente, representado esquemáticamente en la figura 13 G.1 Y G.2.



**Figura 13.** Representación proporcional de los tipos de movimientos de salida de ganado en cranzas bovinas de la Provincia de Melipilla. G.1) infectadas y G.2) negativas.

En el caso de los comerciantes clasificados como infectados, el mayor número de los movimientos de salida de ganado tuvo como destino a ferias ganaderas correspondiente a 392 movimientos con una media 20,6 movimientos/feria, en los comerciantes negativos el mayor número de movimientos de salida de ganado tuvo como destino a mataderos, registrando 89 movimientos con una media de 6,8 movimientos/matadero cuales se pueden observar en la figura 14 H.1 y H.2.



**Figura 14.** Representación proporcional de los tipos de movimientos de salida de ganado en comerciantes H.1) infectadas y H.2) negativas de la Provincia de Melipilla.

**Objetivo 2. Establecer una matriz de riesgo de diseminación y transmisión de TBB en base a los movimientos de ganado bovino en predios de la Provincia de Melipilla.**

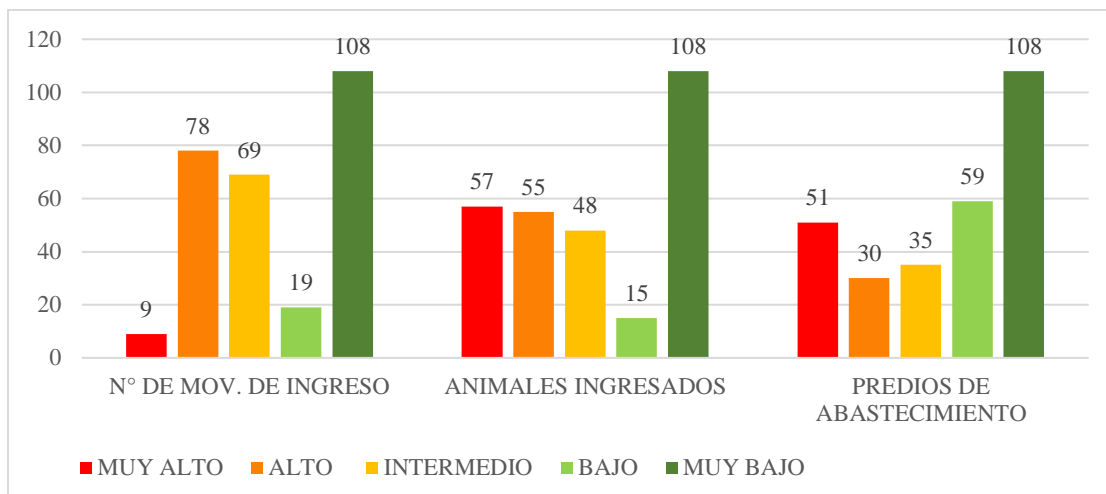
De la totalidad de predios infectados en la provincia de Melipilla existen 33 predios (30,3%) clasificados como predios de alta prevalencia, 54 predios (49,5%) como predios de baja prevalencia, 22 predios (20,2%) sin información y 174 predios clasificados como negativos.

En la tabla 14 se representa la matriz de riesgo obtenida, en la cual se identificaron los valores para cada variable mencionada según la categoría correspondiente (muy alto, alto, intermedio, bajo y muy bajo).

**Tabla 14.** Matriz de riesgo.

<b>CATEGORIA</b>	<b>VARIABLES</b>						
		<b>N° DE MOVIMIENTO DE INGRESO</b>	<b>TOTAL DE ANIMALES INGRESADOS</b>	<b>N° DE PREDIOS DE ORIGEN</b>	<b>N° DE MOVIMIENTO DE EGRESO</b>	<b>TOTAL DE ANIMALES QUE SALEN</b>	<b>N° DE PREDIOS DE SALIDA</b>
<b>MUY ALTO</b>		24 a 468	133 a 4249	5 a 88	43 a 465	337 a 7609	8 a 42
<b>ALTO</b>		5 a 23	11 a 132	3 a 4	12 a 42	44 a 336	4 a 7
<b>INTERMEDIO</b>		2 a 4	2 a 10	2	5 a 11	9 a 43	2 a 3
<b>BAJO</b>		1	1	1	1 a 4	1 a 8	1
<b>MUY BAJO</b>		0	0	0	0	0	0

Tras aplicar la matriz de riesgo obtenida se categorizó a cada uno de los predios en base al número de movimientos, animales ingresados y predios de abastecimiento/ destino que tenía cada uno de ellos.

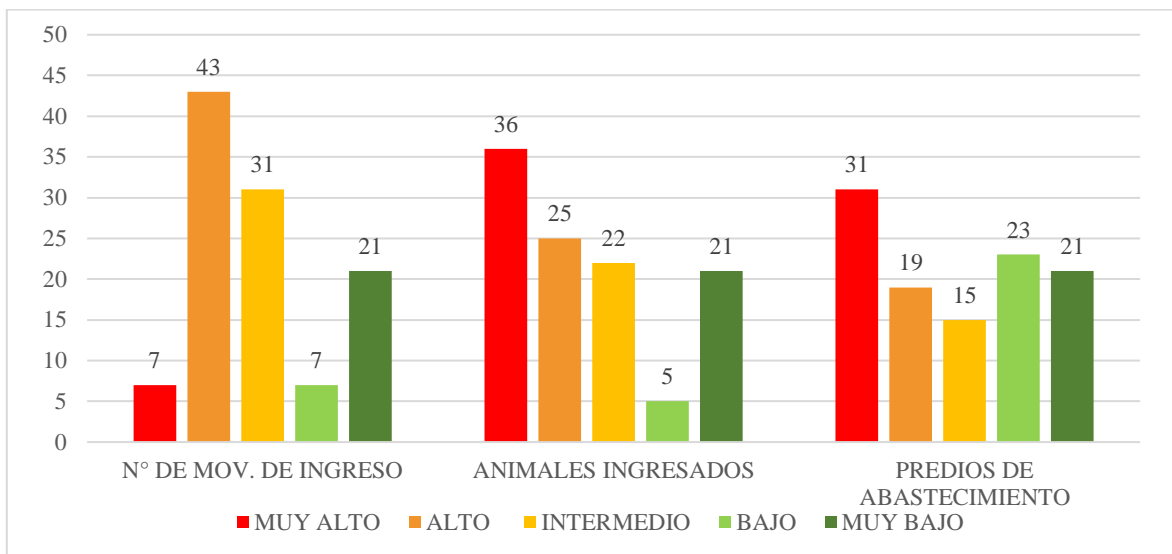


**Figura 15.** N° de predios según categoría de riesgo y variables de ingreso de ganado (N=283).

Según la variable número de movimientos de ingreso, el 3,18% de los predios fueron categorizados de muy alto riesgo, siendo un total de ellos 6 engordas bovinas, 1 predio de crianza y 2 comerciantes. El 27,6% de los predios se categorizo de alto riesgo, 8 lecherías, 36 crianzas, 23 engordas y 11 comerciantes respectivamente. El 24,4% en un riesgo intermedio de los cuales 33 corresponden a lecherías, 29 predios a crianzas bovinas, 4 predios de engorda y 3 comerciantes. Un 6,7% de los predios se determinó de bajo riesgo, de estos 7 fueron lecherías, 10 predios de crianza y 2 comerciantes. El 38,2% representa a predios categorizados de muy bajo riesgo, fueron aquellos que no registraron movimientos de ingreso de ganado bovino durante el periodo de estudio, estos fueron 68 lecherías, 28 crianzas, 1 engorda y 11 comerciantes. (Figura 15)

Según la cantidad de animales ingresados a los predios de la provincia de Melipilla se categorizaron el 20,1% de muy alto riesgo, correspondientes a 7 lecherías, 17 predios de crianza, 27 engordas y 6 comerciantes. El 19,4% de alto riesgo, siendo 12 lecherías, 31 predios de crianza, 3 predios de engorda y 9 comerciante. El 17% de un riesgo intermedio, 26 lecherías, 18 crianzas, 3 engordas y 1 comerciante. El 5,3% de bajo riesgo corresponden a 3 lecherías, 10 crianzas y 2 comerciantes.

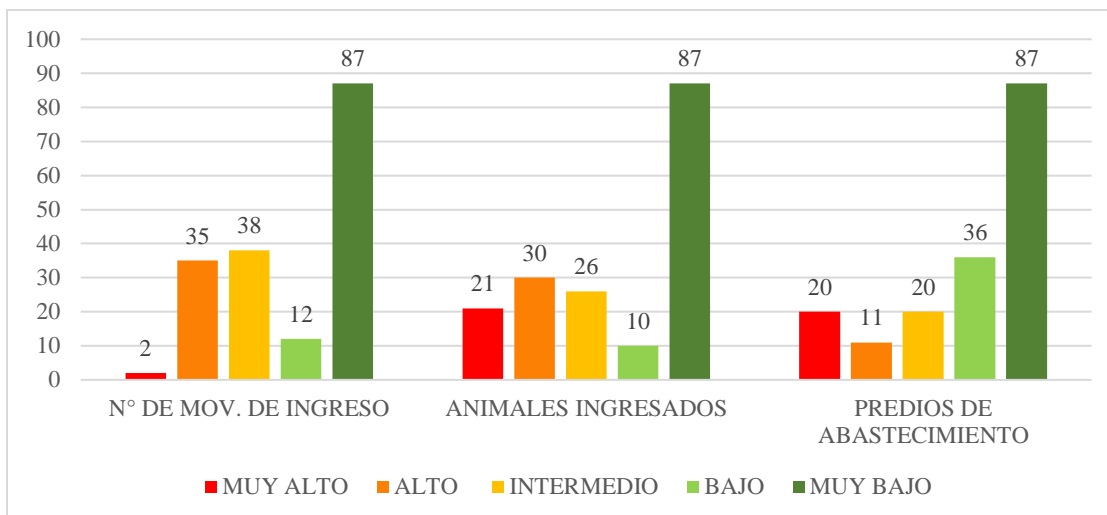
Un total de 9 predios están categorizados de muy alto riesgo en las 3 variables estudiadas, siendo 7 predios infectados (4 engordas, 1 crianza y 2 comerciantes) y negativos (2 engordas bovinas)



**Figura 16.** N° de predios infectados según categoría y variables de ingreso de ganado (N=109).

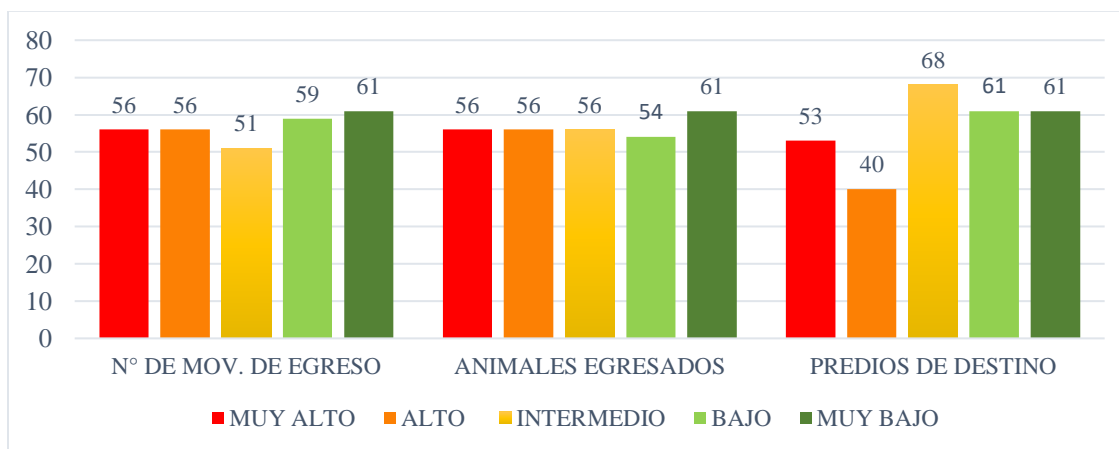
Se puede observar que 43 (39,4%) de los predios en la variable de movimiento de ingreso de ganado se categorizaron de alto riesgo, para la cantidad de animales ingresados un 36 (33%) se encuentran en la categoría de muy alto riesgo y para los predios de abastecimiento 31 (28,4%) de ellos es de muy alto riesgo.





**Figura 17.** N° de predios negativos según categoría y variables de ingreso de ganado (N=174).

Se puede observar que el 34,9% de los predios negativos en la variable de movimiento de ingreso de ganado se categorizaron en un riesgo intermedio, para la cantidad de animales ingresados un 27,5% se encuentran en la categoría de alto riesgo y para los predios de abastecimiento el 33% es de muy bajo riesgo y el 80% de los predios negativos de muy bajo riesgo.



**Figura 18.** N° de predios totales según categoría y variables de salida de ganado (N=284).

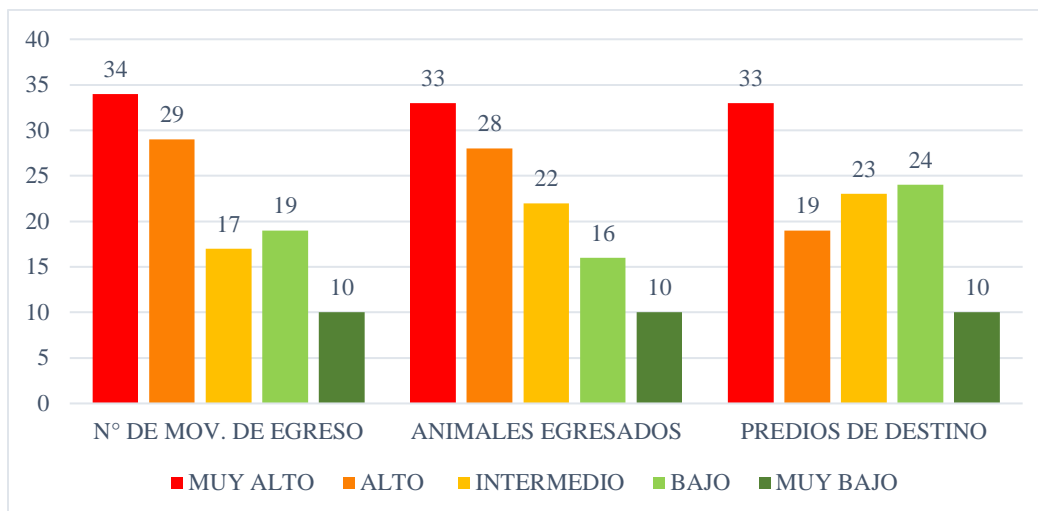
Según el número de movimientos de salida de ganado el 19,8% de los predios fueron categorizados de muy alto riesgo, siendo un total de ellos 9 lecherías, 21 engordas bovinas, 16 predios de crianza, 10 comerciantes. El 19,8% de los predios se categorizó de

alto riesgo, 13 lecherías, 33 crianzas, 8 engordas y 2 comerciantes respectivamente. El 18% en un riesgo intermedio de los cuales 20 corresponden a lecherías, 23 predios a crianzas bovinas, 5 predios de engorda y 3 comerciantes. Un 20,9% de los predios se determinó de bajo riesgo, de estos 36 fueron lecherías, 16 predios de crianza y 7 comerciantes. El 21,5% representa a predios categorizados de muy bajo riesgo, fueron aquellos que no registraron movimientos de ingreso de ganado bovino durante el periodo de estudio, estos fueron 38 lecherías, 16 crianzas, y 7 comerciantes.

Según la cantidad de animales ingresados a los predios de la provincia de Melipilla se categorizaron el 19,8% de muy alto riesgo, correspondientes a 11 lecherías, 15 predios de crianza, 22 engordas y 8 comerciantes. El 19,8 % de alto riesgo, siendo 13 lecherías, 33 predios de crianza, 5 predios de engorda y 5 comerciante. El 19,8 % de un riesgo intermedio, 20 lecherías, 28 crianzas, 6 engordas y 2 comerciante. El 19% de bajo riesgo corresponden a 34 lecherías, 12 crianzas, 1 engorda y 7 comerciantes.

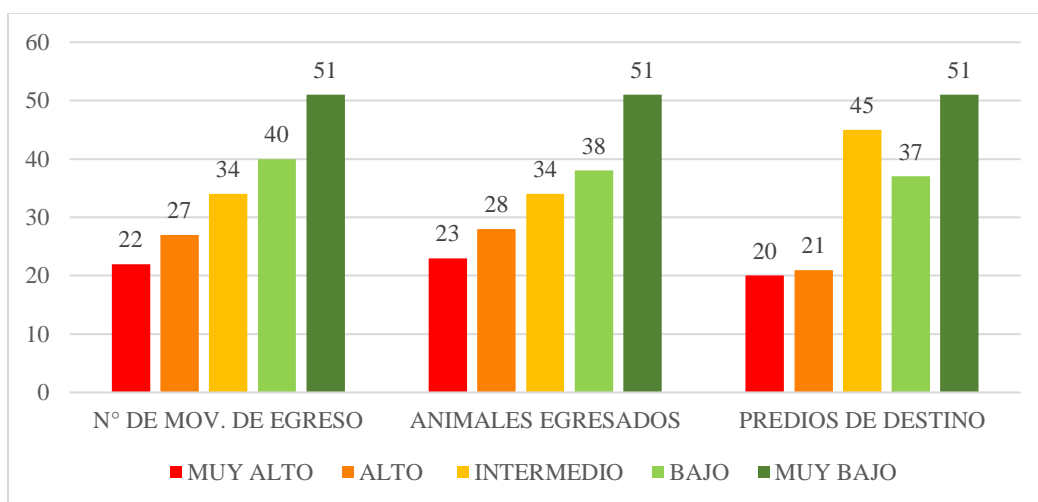
Según la cantidad de predios destino de los predios del estudio, el 19 % de los predios se categorizaron de muy alto riesgo, el 14% de alto riesgo, el 24% en un riesgo intermedio, el 22% en un bajo riesgo.

Un total de 42 predios están categorizados de muy alto riesgo en las 3 variables estudiadas, siendo 27 predios infectados (2 lecherías, 13 engordas, 6 crianza y 6 comerciantes) y 15 negativos (4 lecherías, 6 engordas bovinas, 3 crianzas y 2 comerciantes)



**Figura 19.** N° de predios infectados según categoría y variables de salida de ganado (N=109).

Se puede observar que el 31,2% de los predios en la variable de movimiento de egreso de ganado se categorizaron de muy alto riesgo, para la cantidad de animales egresados y para los predios de destino 33 predios (30,3%) se encuentran en la categoría de muy alto riesgo.



**Figura 20.** N° de predios negativos según categoría y variables de salida de ganado (N=174).

Se puede observar que el 22,9% de los predios negativos en la variable de movimiento de egreso de ganado se categorizaron en un bajo riesgo, para la cantidad de animales ingresados un 21,8% se encuentran en la categoría de bajo riesgo y para los predios de

destino el 25,8% es de un riesgo intermedio y el 29,3 % de los predios negativos de muy bajo riesgo para cada una de las variables.

El mayor número de predios categorizados de alto riesgo asociado a la cantidad de movimientos se representaron en predios con un estatus sanitario de infectados, a diferencia de los predios negativos que tienen un mayor número de predios en las categorías de bajo riesgo. Para los movimientos de ingreso de ganado en la Provincia, un total de 9 predios están categorizados de muy alto riesgo en las 3 variables estudiadas, que corresponden a 7 predios infectados y 2 negativos. En el caso de los movimientos de salida de ganado 42 predios de la Provincia fueron categorizados de muy alto riesgo en las 3 variables estudiadas, siendo 27 predios infectados y 15 negativos.

## DISCUSIÓN

La Provincia de Melipilla presenta una elevada prevalencia de tuberculosis bovina. Desde la implementación del programa de control y erradicación de TBB la detección de predios o rebaños infectados posee una activa línea de vigilancia epidemiológica desarrollada en diferentes puntos estratégicos, que corresponden a mataderos, predios colindantes a predios infectados, predios que hayan recibido o aportado animales a un predio clasificado como infectado (SAG, 2012). En la provincia estudiada se han clasificado predios infectados y negativos, mediante la realización de pruebas ano caudal (PAC) enviando animales a matadero para poder clasificar el predio de acuerdo con el resultado de la prueba de PCR.

Los mercados de subastas (ferias de ganado) desempeñan papeles clave en la industria ganadera y en las comunidades rurales, se asocian con un gran número de movimientos de animales, caracterizados por una alta intermediación (Ortiz-Pelaez *et al.*, 2006; Robinson y Christley, 2007) como se refleja en este estudio, la existencia de una Feria ganadera en la provincia, en donde ocurren un alto número de movimientos de ingreso y salida de ganado, y la participación de comerciantes que compran desde predios y ferias y venden animales hacia ferias le otorga un mayor riesgo a la diseminación de la enfermedad, mencionado en SAG, 2004; Robinson y Christley, 2007, Ramírez-Villaescusa *et al.*, 2010 en cuales se indica que la participación de las ferias de remate ganadero, como posible fuente de diseminación de enfermedades, irá proporcionalmente en un aumento, por tener un mayor número de movimientos y de rematar un mayor porcentaje de ganado para crianza que tiene como destino algún predio, quedando reflejado a través de este estudio en la Provincia de Melipilla, en la que existen un amplio número de movimientos de ingreso y de salida ganado desde predios de crianza bovina, desde y hacia ferias y/o predios.

De la totalidad de movimientos de ingreso de ganado, el 49% fue en predios categorizados como sistema productivo de engorda bovina en los cuales predominaron los movimientos desde predios y ferias. Esta situación es similar a lo descrito por Verdugo (2004), quien menciona que este sistema se caracteriza por presentar el mayor movimiento animal, porque generalmente la reposición de ganado es externa, comprando novillos y vaquillas para engorda en ferias y/o predios. En el estudio realizado por Brown E. *et al* 2019 se encontró que los rebaños de tipo de carne de vacuno poseen una alta tasa de rotación de ganado por lo que tendrían una mayor vulnerabilidad a la introducción de infecciones que

otros tipos de rebaño y cuales deben considerarse de manera diferente en el manejo de enfermedades, ya que proporcionan la mayor parte del ganado involucrado en los movimientos entre los predios y el mercado. En el caso de las lecherías, representaron el menor número de movimientos de ingreso (6%) y de egreso (12%) de ganado, lo que también es mencionado en el estudio realizado por Verdugo (2004), sugiriendo que las reposiciones surgen principalmente al interior de la misma lechería y el ingreso de nueva genética se realiza principalmente a través del proceso de inseminación artificial. Por otro lado, el egreso de animales está dado por la salida de vacas de desecho y terneros, los que presentan distintos canales de comercialización. En el caso de las vacas de desecho, éstas pueden ser rematadas en feria o enviadas directamente a matadero, y en el caso de los terneros, estos pueden ser subastados en feria (Verdugo,2004), situación que también ocurre en la Provincia de Melipilla ya que según este estudio el mayor número de movimientos de salida de ganado en lecherías fue hacia mataderos y predios.

El mayor porcentaje de movimientos de ingreso (66,7%) y de egreso de ganado (65,3%) lo registraron predios infectados de la Provincia de Melipilla. Esto, producto a su condición sanitaria los lleva a la necesidad de incorporar o reemplazar con nuevos animales en sus predios, eliminando aquellos animales reactores para mejorar la condición y reducir las pérdidas económicas asociadas, cumpliendo así lo establecido en el Programa Nacional de Control y Erradicación de Tuberculosis (SAG, 2012). En estudios previos se menciona, que predios clasificados como infectados de TBB tuvieron un mayor número de movimientos de ganado que involucraban una mayor cantidad de animales, en comparación con los predios negativos, sugiriendo que los movimientos de los animales se asociaron con la infección (Gates *et al.*, 2013; Palisson *et al.*, 2016; Picasso *et al.*, 2017; VanderWaal *et al.*, 2017).

Engordas, lecherías y crianzas bovinas infectadas con TBB tuvieron el mayor número de movimientos de ingreso de ganado desde ferias ganaderas. Este movimiento conocido como feria-predio, es mencionado en estudios previos por Robinson y Christley, 2007; Ramírez-Villaescusa *et al.*, 2010; Ribeiro-Lima *et al.*, 2015 ,como el movimiento de mayor importancia debido al riesgo que representan en la diseminación de enfermedades producto del flujo de ganado en pie, además de aquel ganado defendido, el cual representa a aquellos

animales que siendo transportados a una feria y sometidos al remate público, no son vendidos por su dueño (Verdugo, 2004). En el caso de los comerciantes el movimiento de ingreso de ganado predominante es desde predios.

Tras la categorización de los predios participantes de este estudio, según su número de movimientos, cantidad de animales movilizados y predios de abastecimiento y/o destino. En el caso de los predios infectados existe un mayor número de predios clasificados en las categorías de muy alto y alto riesgo, a diferencia de lo que ocurre en los predios negativos que están mayoritariamente categorizados en un riesgo intermedio a muy bajo riesgo, algo esperado debido a su estatus sanitario (Palisson *et al.*, 2016). En el caso de los movimientos de ingreso de ganado en aquellos predios negativos que fueron categorizados de alto riesgo es importante considerarlos debido a la susceptibilidad que poseen para la introducción de la enfermedad.

En el caso de los egresos de predios infectados estos tienen un mayor riesgo de diseminación de la enfermedad (Palisson *et al.*, 2016; SAG, 2012), similitud encontrada en este estudio donde los predios infectados fueron categorizados según sus movimientos de salida de ganado en la categoría de muy alto y alto riesgo para la diseminación de la enfermedad. Se debe tener en consideración aquellos predios negativos, que fueron categorizados en categorías de muy alto y alto riesgo en los movimientos de ingreso, ya que estos tendrán una mayor probabilidad de introducir el agente e infectarse con TBB y en el caso de salida de ganado se transformarían en diseminadores del agente, todo esto en base a su conducta de riesgo asociada al tipo de movimientos realizados. Un alto número de movimiento de salida de ganado significa que, si está infectado, estas granjas tienen el potencial de propagar una enfermedad ampliamente (Natale *et al.*, 2009; Gates *et al.*, 2013; Palisson *et al.*, 2016; VanderWaal *et al.*, 2017).

Este estudio permite definir un tipo de vigilancia dirigida, priorizando objetivamente los predios de mayor riesgo. La adopción de una vigilancia basada en el riesgo (dirigida) puede mejorar la relación costo-efectividad del manejo de la TBB en comparación con las estrategias de vigilancia convencionales (VanderWaal *et al.*, 2016).

Los resultados obtenidos en esta Memoria de Título permiten disminuir la brecha de conocimiento en torno a las características de los movimientos de ganado bovino en la

Provincia de Melipilla y su potencial rol en la diseminación o mantención de TBB, siendo estos aplicables a otros fenómenos sanitarios infecciosos. La profundización en la caracterización y cuantificación del movimiento entre predios representa un interesante desafío para futuras investigaciones.



## **CONCLUSIONES.**

Durante los años 2012-2017 en la Provincia de Melipilla se registraron 6103 movimientos de ingreso de ganado y 8250 movimientos de salida de ganado, siendo el mayor número de movimientos en predios clasificados por el SAG como infectados.

Predios ubicados en la Región Metropolitana, Región de la Araucanía y de la Región de Valparaíso registraron el mayor porcentaje de movimientos para el abastecimiento de los predios de la provincia, mientras que predios ubicados en la Región Metropolitana y la Región de Valparaíso fueron los destinos más frecuentes.

El tipo de movimiento de ingreso de ganado que registró un mayor número de movimiento fue el de feria-predio, en el caso de las salidas de ganado se registraron los movimientos desde predios hacia feria y mataderos.

Existe una relación directa entre los movimientos riesgosos y la condición sanitaria de predios infectados en la Provincia de Melipilla. El mayor riesgo de TBB en diferentes predios de la Provincia de Melipilla sugiere un potencial rol de los movimientos de animales en la diseminación de enfermedades. Es relevante mencionar que el tipo de movimientos feria-predio y la existencia de comerciantes, que tienen vinculación de compra y venta en ferias y que permiten la distribución a predios, se consideran un riesgo para la introducción y diseminación de la enfermedad.

## BIBLIOGRAFÍA

**BAJARDI, P.; BARRAT, A.; SAVINI, L.; COLIZZA, V.** 2012. Optimizing surveillance for livestock disease spreading through animal movements. [en línea] *J. R. Soc. Interface* (9): 2814-2825. <<https://arxiv.org/abs/1210.0692>> [consulta: 18-02-2018]

**BEZOS, J.; ÁLVAREZ, J.; ROMERO, B.; DE JUAN, L.; DOMINGUEZ, L.** 2014. Bovine tuberculosis: Historical perspective. *Research in Veterinary Science*, 97, S3-S4.

**BROWN, E.; MARSHALL, A.; MITCHELL H.; BYRNE A.** 2019. Cattle movements in Northern Ireland form a robust network: implications for disease management, *Preventive Veterinary Medicine*. 170.

**CHILE.MINISTERIO DE AGRICULTURA.** 2015. Resolución 2845 exenta. Modifica resolución n° 2762 exenta, de 2011, que establece control obligatorio y medidas sanitarias para el control y erradicación de la tuberculosis bovina

**CLASING, A.** 2013. Análisis de la transmisión de tuberculosis bovina entre predios colindantes. Memoria de Título Médico Veterinario. Valdivia, Chile. U. Austral de Chile. Fac. Cs. Veterinarias.34 p.

**DOMINGO, M.; VIDAL, E.; DOMINGO, A.; MARCO, A.** 2014. Pathology of bovine tuberculosis. *Research in Veterinary Science*. 97: S20-S29.

**DUBÉ, C.; RIBBLE, C.; KELTON, D., MCNAB, B.** 2009. A review of network analysis terminology and its application to foot-and-mouth disease modelling and policy development. *J. Transbound. Emerg. Dis.* 56, 73–85

**GALLEGOS, D; VERGARA, N; GATICA, L; CASTILLO, C; BASALDUA, A; GUERRERO, R.** 2017. Matriz de riesgo para estimar brotes importados de sarampión o rubéola aplicada a Chile. *Rev Panama Salud Publica*. [ en línea] <[https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource\\_ssm\\_path=/media/assets/rpsp/v41/1020-4989-RPSP-41-e47.pdf](https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/rpsp/v41/1020-4989-RPSP-41-e47.pdf)> [consulta: 16-08-2018]

**GATES, M.; VOLKOVA, V; WOOLHOUSE, M.** 2013. Risk factors for bovine tuberculosis in low incidence regions related to the movements of cattle. *BMC Veterinary Research*, 9(1), 225.

**IRURETA, M.** 2016. Tuberculosis Bovina: Actualización sobre la enfermedad y la campaña sanitaria en Uruguay. Tesis Doctor en Ciencias Veterinarias. Uruguay. U. de la República, Fac. de Veterinaria. 80 p.

**MAX, V.; PAREDES, L.; RIVERA, A.; TERNICIER, C.** 2011. National control and eradication program of bovine tuberculosis in Chile. *Vet Microbiol*; 151:188-191

**MICHEL, A.; MULLER, B.; VAN HELDEN, P.** 2010. *Mycobacterium bovis* at the animal–human interface: A problem, or not? *Veterinary Microbiology*; 140: 371-381.

**MORENO, A.; LÓPEZ, S.; CORCHO, A.** 2000. Principales medidas en epidemiología. *Salud Pública Mex*; 42:337–348.

**MWEU, M.; FOURNIE, G.; HALASA, T.; TOFT, N.; NIELSEN, S.** 2013. Temporal characterisation of the network of Danish cattle movements and its implication for disease control: 2000–2009. *Preventive Veterinary Medicine*, 110(3-4), 379-387.

**NATALE, F.; GIOVANNINI, A.; SAVINI, L.; PALMA, D.; POSSENTI, L.; FIORE, G.; CALISTRI, P.** 2009. Network analysis of Italian cattle trade patterns and evaluation of risks for potential disease spread. *Preventive Veterinary Medicine*, 92, 341–350.

**PALISSON, A.; COURCOUL, A.; DURAND, B.** 2016. Role of Cattle Movements in Bovine Tuberculosis Spread in France between 2005 and 2014. *PloS one*, 11(3), E0152578.

**PICASSO, C.; ALVAREZ, J.; VANDERWAAL, K.; FERNANDEZ, F.; GIL, A.; WELLS, S.; PEREZ, A.** 2017. Epidemiological investigation of outbreaks of bovine tuberculosis in Uruguay (2011–2013). *Preventive Veterinary Medicine*, 138, 156-161.

**RAMIREZ-VILLAESCUSA, A.; MEDLEY, G.; MASON, S.; GREEN, L.** 2010. Risk factors for herd breakdown with bovine tuberculosis in 148 cattle herds in the south west of England. *Preventive Veterinary Medicine*, 95, 224-230.

**REYES, P.** 2012. Tuberculosis Bovina: La importancia de los factores de riesgo en la introducción y exposición-diseminación de *M.bovis* en el rebaño bovino. Tesis doctorado en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias Campus Sur U de Chile. Departamento de Medicina Preventiva Animal Fac. de Ciencias Veterinarias y Pecuarias U de Chile. 69 p.

**REYES, P.; ROJAS, H.; URCELAY, S.** 2012. Aportes al control de la Tuberculosis Bovina en Chile. Informe final, Consorcio Lechero. Osorno, Chile. 98 p. [en línea]<<http://www.consorciolechero.cl/chile/documentos/informes-finales/estudio-de-tuberculosis-bovina-en-chile.pdf>> [consulta: 14-12-2018]

**RIBEIRO-LIMA, J.; ENNS, A.; THOMPSON, B.; CRAFT, M.; WELLS, S.** 2015. From network analysis to risk analysis—An approach to risk-based surveillance for bovine tuberculosis in Minnesota, US. *Preventive Veterinary Medicine*, 118(4):328-340.

**ROBINSON, S.; CHRISTLEY R.S** 2007. Exploring the role of auction markets in cattle movements within Great Britain. *Preventive Veterinary Medicine*, 81: 21.

**RODRIGUEZ, E.; FLORES, S.; PIZANO, O.; CANTO, G.; MILIAN, F.; QUINTAS, L.** 2016. Persistence of mycobacterium bovis under environmental conditions: Is it a real biological risk for cattle? (Abstract) *Reviews in Medical Microbiology*, 27(1): 20-24.

**RUSK, R.; PALMER, M.; WATERS, W.; MCGILL, J.** 2017. Measuring bovine  $\gamma\delta$  T cell function at the site of *Mycobacterium bovis* infection. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 193-194, 38-49

**SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG).**2009. Clasificación sanitaria de predios en el proyecto nacional de control y erradicación de Tuberculosis Bovina. Instructivo. Santiago, Chile. 28 p.

**SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG).** 2011. Proyecto Nacional de Control y Erradicación de Tuberculosis Bovina. Procedimiento. Santiago, Chile.7 p. [en línea]<[http://www.sag.cl/sites/default/files/p-pp-ve-009\\_proyecto\\_nacional\\_tbc.pdf](http://www.sag.cl/sites/default/files/p-pp-ve-009_proyecto_nacional_tbc.pdf)> [consulta:19-12-2018]

**SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG).** 2012. Implementación del control de movimiento de animales en el Plan Nacional de Control y Erradicación de Tuberculosis Bovina: Movimiento de animales a ferias [en línea] Boletín Veterinario Oficial, N°15.

<[https://www2.sag.gob.cl/Pecuaria/bvo/BVO\\_15\\_I\\_semestre\\_2012/articulos\\_PDF/unidades/TB\\_control\\_mov\\_animal/TB\\_mov\\_animales\\_ferias\\_LP.pdf](https://www2.sag.gob.cl/Pecuaria/bvo/BVO_15_I_semestre_2012/articulos_PDF/unidades/TB_control_mov_animal/TB_mov_animales_ferias_LP.pdf)> [consulta: 18-02-2018]

**SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG).** 2013. Plan Nacional de Control y Erradicación de Tuberculosis Bovina. Resumen ejecutivo de actividades 2012. Santiago, Chile. 10 p.

**SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG).** 2014. Ocurrencia de la Tuberculosis Bovina en Chile (2000-2014) [en línea] <[https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/ocurrencia\\_tb\\_2000\\_2014\\_ar-mv.pdf](https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/ocurrencia_tb_2000_2014_ar-mv.pdf)> [consulta: 17-02-2018]

**SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y MICROBIOLOGIA CLINICA (SEIMC).** s/f. *Mycobacterium bovis*. [en línea] <<https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/micobacterias/Mbovis.pdf>> [consulta: 6-02- 2018]

**SREEVATSAN, S.; PAN,X.; STOCKBAUER, K.; CONNELL, N.; KREISWIRTH, B.; WHITTAM, T.; MUSSER, J.** 1997.Restricted structural gene polymorphism in the *Mycobacterium tuberculosis* complex indicates evolutionarily recent global dissemination. Proc.Natl.Acad.Sci. USA. 94:9869-9874 (citado por Reyes, P.; Rojas, H.; Urcelay, S. 2012, Estudio Aportes al control de la Tuberculosis Bovina en Chile. 98 p.

**ORTIZ-PELAEZ, A; PFEIFFER, D.; SOARES-MAGALHAES, R.; GUITIAN, F.** 2006. Use of social network analysis to characterize the pattern of animal movements in the initial phases of the 2001 foot and mouth disease (FMD) epidemic in the UK,Preventive Veterinary Medicine, 76: 40-55

**VANDERWAAL, K.; PICASSO, C.; ENNS, E.; CRASF, M.; ALVAREZ, J.; FERNANDEZ, F.; GIL, F.; PEREZ, A.; WELLS, S.** 2016. Network analysis of cattle movements in Uruguay: Quantifying heterogeneity for risk-based disease surveillance and control. Preventive Veterinary Medicine, 123:12-22

**VANDERWAAL, K.; ENNS, E.; PICASSO, C; ALVAREZ, J.; PEREZ, A.; FERNANDEZ, F.; GIL, A.; CRAFT, M.; WELLS, S.** 2017. Optimal surveillance strategies for bovine tuberculosis in a low-prevalence country. *Sci Rep*, 7(1): 4140.

**VERDUGO, C.** 2004. Caracterización del flujo de ganado bovino en Chile. [en línea] <[http://www.sag.gob.cl/sites/default/files/INFORME\\_FINAL\\_CHARACTERIZACION\\_FLUJO\\_BOVINOS\\_2004.PDF](http://www.sag.gob.cl/sites/default/files/INFORME_FINAL_CHARACTERIZACION_FLUJO_BOVINOS_2004.PDF)> [consulta: 06-07-2019]

**VIAL, F.; MIGUEL, E.; JOHNSTON, W.T.; MITCHELL, A.; DONNELL, C.A.** 2015. Bovine tuberculosis risk factors for british herds before and after the 2001 foot-and-mouth epidemic: what have we learned from the TB99 and CCS2005 studies? *Transbound. Emerg. Dis.* 62, 505–515.