

Documentos de trabajo

Comportamiento y caracterización
de la producción de ganado bovino
en Chile.

Autor:
Christian Rojas Cofré

Nº2, Junio de 2019



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS

Morandé 801, Santiago de Chile

Teléfono: 232461137

Correo: ine@ine.cl

Facebook: [@ChileINE](https://www.facebook.com/ChileINE)

Twitter: [@INE_Chile](https://twitter.com/INE_Chile)

Christian Rojas Cofré

Subdirección Técnica

Los Documentos de Trabajo del Instituto Nacional de Estadísticas están dirigidos a investigadores, académicos, estudiantes y público especializado en materias económicas y tienen como objetivo proporcionar un análisis exhaustivo sobre aspectos conceptuales, analíticos y metodológicos claves de los productos estadísticos que elabora la institución, para de esa forma contribuir al intercambio de ideas entre los distintos componentes del Sistema Estadístico Nacional.

Las interpretaciones y opiniones que se expresan en los Documentos de Trabajo pertenecen en forma exclusiva a los autores y colaboradores y no reflejan necesariamente el punto de vista oficial del INE ni de la institución a la que pertenecen los autores y colaboradores de los documentos.

El uso de un lenguaje que no discrimine ni marque diferencias entre hombres y mujeres ha sido una preocupación en la elaboración de este documento. Sin embargo, y con el fin de evitar la sobrecarga gráfica que supondría utilizar en español “o/a” para marcar la existencia de ambos sexos, se ha optado por utilizar -en la mayor parte de los casos- el masculino genérico, en el entendido de que todas las menciones en tal género representan siempre a hombres y mujeres abarcando claramente ambos sexos.

Índice

Resumen.....	5
I. Marco teórico de la investigación.....	7
1.1 Características del ganado bovino en Chile	7
1.2 Producción de carne bovina en Chile	9
1.3 Mercado internacional y nacional de carne bovina.....	17
1.3.1 Importaciones de carne bovina	17
1.3.2 Exportaciones de carne bovina.....	19
1.3.3 Consumo nacional de carne bovina.....	20
II. Metodología y aplicación empírica.....	20
2.1 Metodología	20
2.2 Análisis descriptivo.....	21
2.2.1 Análisis de la forma propia de la serie de tiempo para cada categoría	25
2.3 Estimación del modelo	34
2.3.1 Comportamiento de las series.	35
2.3.2 Clasificación de las series.	35
2.3.3 Correlograma de las series.....	36
2.3.4 Modelación de las series	37
2.4 Estimación de los ciclos	43
III. Resultados y conclusiones.....	47
IV. Glosario	49
V. Bibliografía.....	50

Comportamiento y caracterización de la producción de ganado bovino en Chile

Resumen

El documento busca caracterizar el beneficio de animales destinado a la producción de ganado bovino en Chile, utilizando como insumo datos obtenidos en la Encuesta de Mataderos de Ganado, entre los años 2002 y 2017, seleccionando como objetivo de estudio la variable de carne en vara para las categorías más trascendentales del sector cárnico bovino, correspondientes a vacas, vaquillas y novillos. Para el estudio se realizaron análisis estadísticos descriptivos y procedimientos asociados a series de tiempo, de manera que se pudiesen construir modelos que recojan la dinámica de las categorías de ganado y que logren, además, una adecuada estimación de los parámetros de los modelos expuestos. En el mismo sentido se logra filtrar cada serie de datos por el método de Christiano - Fitzgerald para estimar los ciclos ganaderos.

Las cifras resultantes de los modelos evidenciaron un comportamiento cíclico similar, pero con distinta densidad y estacionalidad en la producción, para las categorías de ganado novillos, vacas y vaquillas, así como también las consecuencias que pueden tener los agentes productores, dadas las condiciones de diversos factores desde biológicos de la especie hasta económicos, que sugieren que las decisiones de producción sobre las categorías específicas de vacas y vaquillas tienen un efecto directo en la oferta del sector cárnico bovino del país.

Abstract

The document seeks to characterize the benefit of animals for the production of cattle in Chile, using as input data obtained in the Survey of Livestock Slaughterhouses, between 2002 and 2017, selecting as a study objective the variable of beef cattle production for the most important categories in the beef cattle sector, corresponding to cows, heifers and steers. For the study, descriptive statistics and procedures associated with the time series were carried out, in order to allow the construction of models that collect the dynamics of the livestock categories, and that also achieve an adequate estimation of the parameters. In

the same sense it is possible to filter each series of data by the method of Christiano - Fitzgerald to estimate livestock cycles.

The resulting figures of the models showed a similar cyclical behavior with different density and seasonality in the production for the categories of cattle, cows and heifers, as well as the consequences that the producing agents can have, given the conditions of various factors from biological from species to economics, which suggest that these production decisions on the specific categories of cows and heifers has a direct effect on the supply of the bovine meat sector of the country.

Palabras y frases claves: Producción, ciclo ganadero, carne en vara, beneficio de ganado, series de tiempo, bovinos.

I. Marco teórico de la investigación

El desarrollo de la ganadería bovina en Chile, tanto para la oferta y la demanda, se encuentra condicionado por diversos factores como los efectos de los cambios climáticos, las políticas económicas y comerciales, el impacto de los precios internacionales, los precios de bienes sustitutos y de otros productos como la leche, así como también enfermedades de los animales. Estos factores, en conjunto, son fundamentales para identificar y comprender la importancia del manejo productivo y el sacrificio de animales en el ciclo ganadero.

1.1 Características del ganado bovino en Chile

De acuerdo con el VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal realizado en Chile el año 2007, la dotación de ganado bovino correspondía a 3.408.419 cabezas en explotaciones agropecuarias con 10 o más cabezas para las regiones seleccionadas¹, homologando las características de las encuestas intercensales. Según la estimación de la Encuesta de Ganado Bovino 2017, desarrollada a través de un marco muestral con explotaciones de 10 o más cabezas de ganado bovino en las regiones seleccionadas, se estimaron 2.890.840 cabezas (Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2018) con un coeficiente de variación de 2,8%², reflejándose una disminución estadísticamente significativa de las existencias de ganado bovino entre los períodos de 2007 a 2017.

La masa ganadera se concentra principalmente en la zona sur, donde la Región de Los Lagos es la de mayor relevancia, con una participación en la producción nacional del 35,3%, seguida por las regiones de Los Ríos y La Araucanía, con una participación del 20,4% y el 11,9%, respectivamente, según cifras de la Encuesta de Ganado Bovino 2017 (Instituto Nacional de Estadísticas, 2018).

El ganado bovino en Chile en su mayoría corresponde a razas doble propósito, es decir, destinadas tanto a la producción de leche como de carne, correspondientes a Overo Colorado

¹ Corresponde a las regiones de Valparaíso, Metropolitana de Santiago, Libertador General Bernardo O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, y Magallanes y Antártica Chilena. Las regiones seleccionadas corresponden a las que concentran más del 95% de la actividad productiva ganadera según las metodologías del INE.

² Con un intervalo de confianza al 95% compuesto por un límite superior de 3.049.489 cabezas y un límite inferior de 2.732.191 cabezas de ganado bovino para el año 2017.

y Overo Negro (europeo), con aproximadamente el 19,0% y 8,4% de las existencias nacionales, respectivamente. Les siguen las razas de leche Holstein (16,6%), Jersey (4,0%) y otras razas para producción de leche (1,6%). Las razas de carne están compuestas principalmente por Angus (14,4%), Hereford (3,7%) y otras razas para carne (1,5%). Finalmente, cruza para carne comprenden el 23,9% y en menor proporción se destinaría el porcentaje restante en cruza para producción de leche con 6,9% de la masa ganadera del país, según cifras de la Encuesta de Ganado Bovino 2017 (Instituto Nacional de Estadísticas, 2018).

La especie de ganado bovino está compuesta básicamente por seis categorías: novillos, vacas, vaquillas, toros y torunos, bueyes y finalmente terneros y terneras, definidas según su cronometría dentaria (Instituto Nacional de Normalización, s.f.), como se muestra en la Tabla n° 1.

Tabla n° 1. Descripción de categorías para ganado bovino

Categoría	Descripción	Rangos de pesos aproximados	
		mínimo	máximo
Ternero	Bovino macho castrado o sin castrar, en los cuales existen incisivos de leche en diferentes estados de desarrollo y desgaste. Sin nivelación de los centrales.	180 kg	270 kg
Ternera	Bovino hembra en los cuales existen incisivos de leche en diferentes estados de desarrollo y desgaste. Sin nivelación de los centrales.	180 kg	240 kg
Novillos	Bovino macho castrado entre el nivelamiento de los centrales de leche hasta la erupción de los primeros medianos y caída de los centrales y extremos de leche.	270 kg	> 400 kg
Vaquillas	Bovino hembra que no ha tenido partos desde el nivelamiento de los centrales de leche hasta la caída de los primeros medianos de leche.	240 kg	> 300 kg
Vacas	Bovino hembra desde la erupción de los primeros medianos permanentes hasta la nivelación de los primeros medianos permanentes.	300 kg	> 400 kg
Toros	Bovino macho sin castrar desde la erupción de los centrales permanentes.	400 kg	> 750 kg
Torunos	Bovino macho castrado a edad adulta (con características de toro) desde la erupción de los centrales permanentes.	400 kg	> 750 kg
Buey	Bovino macho castrado desde la erupción de los extremos permanentes.	400 kg	> 800 kg

Fuente: Elaboración propia según parámetros del Instituto Nacional de Normalización.

1.2 Producción de carne bovina en Chile

Los establecimientos de faena constituyen un eslabón fundamental en la cadena de carne bovina, dado que en ellos se concentra la función básica asociada al proceso de transformación de animal en pie a carne en vara o despostes, dependiendo de las instalaciones de cada establecimiento. Según la definición del reglamento de mataderos³, se entiende por mataderos a “los establecimientos donde se sacrifica y faena ganado mayor y menor, destinado a la alimentación humana” (Biblioteca del Congreso Nacional, 2006).

Existen antecedentes históricos que demuestran que se ha producido una progresiva reducción del número de establecimientos de faena en Chile. Durante el año 2004 existían a nivel nacional 135 establecimientos, cifras que bajó a aproximadamente 82 establecimientos de mataderos en funcionamiento (Servicio Agrícola Ganadero, 2006). Sin embargo, el índice de faena por establecimiento se ha incrementado, lo que indicaría que los establecimientos han aumentado su eficiencia y volúmenes de faena (Servicio Agrícola Ganadero, 2006).

a) Distribución de la producción nacional y regional.

La producción de carne bovina nacional se distribuye por categorías, principalmente entre beneficios de novillos, vacas y vaquillas, como lo muestra la tabla N°2 donde se presenta la participación de cada categoría desde el año 2013 al 2017.

Tabla N°2. Distribución porcentual del beneficio de bovinos por categoría, períodos 2013 – 2017.

Años	Novillos	Vacas	Vaquillas	Bueyes	Toros y torunos	Terneros y terneras
2013	54,25	22,37	17,26	1,69	3,20	1,23
2014	49,46	24,20	18,81	1,80	3,11	2,62
2015	45,57	26,18	19,79	2,12	3,19	3,15
2016	45,62	25,05	21,13	2,05	3,11	3,04
2017	51,51	22,13	19,67	2,09	2,98	1,62

Fuente: Elaboración propia, con datos de la Encuesta de Mataderos de Ganado del INE, períodos 2013-2017.

Por establecimiento de faena a nivel regional, la producción de ganado bovino se concentró en las regiones de Los Lagos y Metropolitana, con un 27,09% y 18,79%, respectivamente (ver tabla N°3).

³ Decreto N°61 de 2004, vigente desde el 10 de septiembre de 2006

Tabla N°3. Distribución porcentual del número de cabezas beneficiadas por establecimiento de faena a nivel regional, promedio de la participación para los períodos 2013 - 2017.

Regiones	Total	Novillos	Vacas	Vaquillas
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Arica y Parinacota	-	-	-	-
Tarapacá	-	-	-	-
Antofagasta	-	-	-	-
Atacama	-	-	-	-
Coquimbo	1,66	2,91	0,41	0,21
Valparaíso	2,95	3,42	3,11	1,99
Metropolitana	18,79	22,51	18,71	8,34
O´Higgins	2,41	2,08	3,25	0,47
Maule	3,92	3,17	5,15	3,89
Biobío	12,20	13,36	7,80	14,36
La Araucanía	18,29	18,07	12,69	28,29
Los Ríos	9,35	10,88	8,68	8,66
Los Lagos	27,09	21,31	36,60	29,26
Aysén	1,61	0,70	1,79	2,84
Magallanes	1,73	1,60	1,81	1,69

Fuente: Elaboración propia, con datos de la Encuesta de Mataderos de Ganado del INE, promedio de participación en períodos 2013-2017.

En la tabla N°3 se muestra la participación a nivel regional del beneficio para las principales categorías (novillos, vacas y vaquillas), se destacan en color las regiones que en conjunto concentran más del 75% de la producción en cada categoría. Se puede apreciar que el mayor beneficio de novillos es en la Región Metropolitana (22,51%), categoría destinada casi en su totalidad a la producción de carne. Respecto a la categoría vacas se puede apreciar un mayor beneficio en la Región de Los Lagos (36,60%), dado que corresponde a la principal región productora de leche. En cuanto a la categoría vaquillas tiene una distribución más homogénea entre las principales regiones faenadoras con una alta participación en el sur, destacando la Región de Los Lagos con un 29,26% de la participación nacional de esta categoría.

En cuanto al beneficio de ganado bovino por origen, se puede apreciar que provienen principalmente desde la Región del Maule hasta Los Lagos (ver tabla N°4). En este sentido, la Región de Los Lagos tiene la mayor participación en todas las categorías, destacando en la categoría vacas con un 42,64% del beneficio.

Tabla N°4. Distribución porcentual del beneficio de ganado por región de origen, promedio de participación para los períodos 2013 - 2017.

Regiones	Total	Novillos	Vacas	Vaquillas
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Arica y Parinacota	0,05	0,09	0,02	0,03
Tarapacá	0,00	0,00	0,00	-
Antofagasta	0,01	0,01	-	0,00
Atacama	0,07	0,09	0,04	0,03
Coquimbo	0,32	0,36	0,30	0,08
Valparaíso	3,06	3,34	2,99	2,53
Metropolitana	5,63	7,72	3,52	2,83
O´Higgins	1,71	2,23	1,07	0,57
Maule	9,50	11,18	6,93	7,98
Biobío	13,87	14,01	12,78	13,47
La Araucanía	17,64	16,33	17,98	19,67
Los Ríos	6,00	6,72	6,45	5,18
Los Lagos	37,09	33,30	42,64	42,50
Aysén	3,10	2,84	3,13	3,23
Magallanes	1,95	1,78	2,15	1,90

Fuente: Elaboración propia, con información de la Encuesta de Mataderos de Ganado del INE, promedio de participación en períodos 2013-2017.

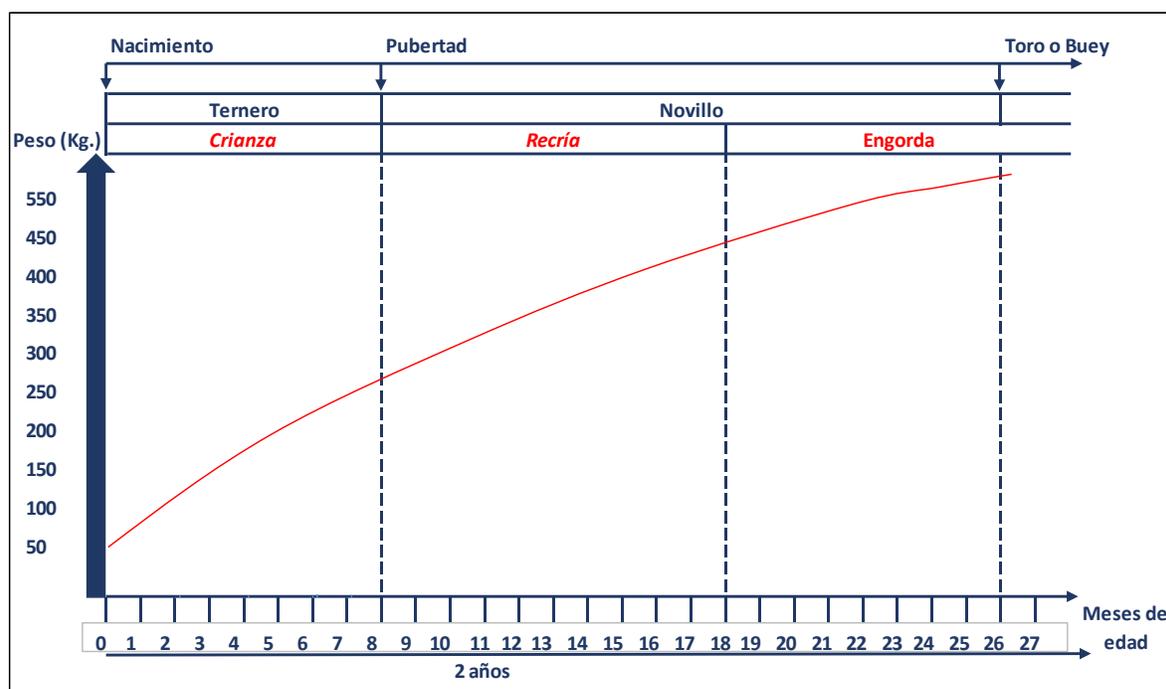
b) Ciclo productivo de la carne de ganado bovino.

El ciclo productivo de la carne consta de tres fases básicas (Ceballos, 2014):

- i. Crianza: fase que corresponde al nacimiento del ternero hasta los 6-8 meses de edad, donde se estima un peso entre 180 y 220 kilogramos. En esta etapa se pueden utilizar 2 formas de crianza. Una correspondiente al sistema natural, es decir, vaca-cría o de crianza artificial en donde se separa a la cría de la vaca.
- ii. Recría: Esta etapa se sitúa entre los 6-12 meses después de la cría, dependiendo de la raza y época de parición, donde se estima deben alcanzar un peso de entre 380 y 420 kilogramos llegando a la edad de 15 a 18 meses.
- iii. Engorda: Esta es la fase final en donde se mantienen entre 4-8 meses para la venta final, esperando llegar a un peso óptimo para el comprador o simplemente para la faena.

El proceso total para la producción de carne comprende cerca de 2 años aproximadamente (ver figura N°1).

Figura N°1. Fases del ciclo productivo de la carne.



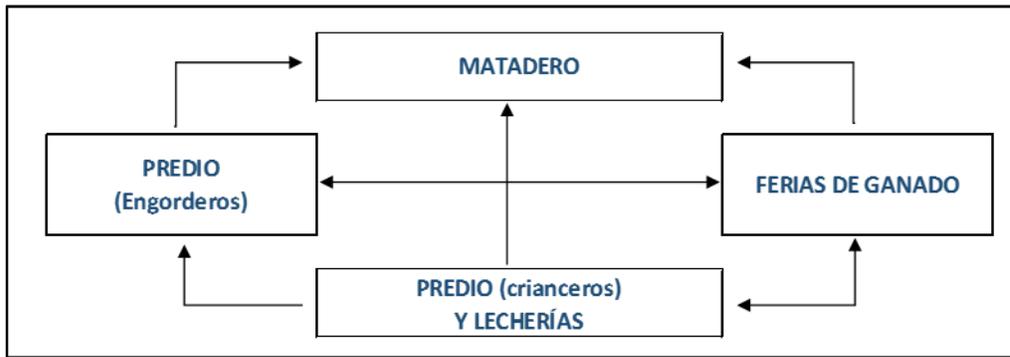
Fuente: Elaboración propia.

En general el peso óptimo del animal se sitúa entre los 400 y 550 kilogramos. Mientras más pesado el animal la tendencia es que existe un mayor grado de infiltración de grasa en la carne, haciéndola más o menos apetecida por el consumidor, sin embargo, esto también depende de la raza del animal (Ceballos, 2014).

- Flujo del ganado bovino destinado a producción de carne.

En relación con lo anterior, existen flujos de ganado bovino en los que participan crianceros dedicados a la actividad de cría y recría, engorderos dedicados exclusivamente a la actividad de engorda y finalmente ferias de ganado dedicadas principalmente a la comercialización del ganado. En la figura N°2, se representan los movimientos del ganado bovino en pie hasta llegar a los establecimientos de mataderos.

Figura N°2. Flujo general del ganado bovino en pie.



Fuente: Servicio Agrícola Ganadero (SAG). (Verdugo, 2004).

En el flujo de ganado bovino en pie es posible identificar cinco movimientos posibles, correspondientes a: predio-feria (P-F); predio-matadero (P-M); feria-predio (F-P); feria-matadero (F-M) y predio-predio (P-P) (Verdugo, 2004).

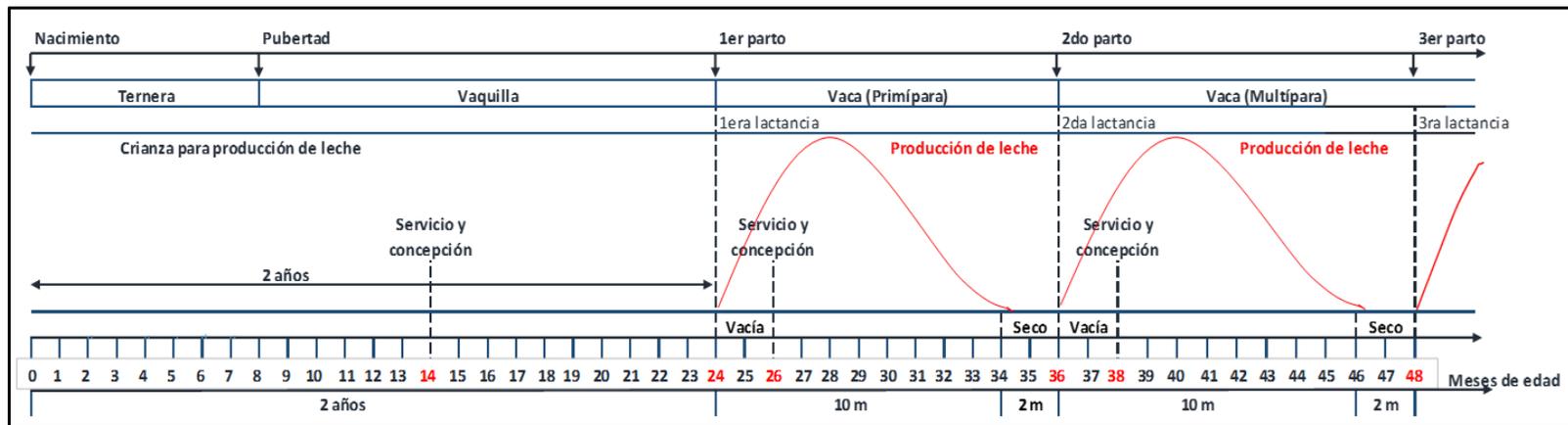
c) Ciclo productivo de la leche de ganado bovino.

Según lo visto anteriormente, en cuanto a la determinación de la oferta final de animales para la faena, se deben no solo considerar los crianceros de predios para la producción de carne, sino también aquellos crianceros de predios para la producción de leche, ya que estos también destinan parte de sus animales a mataderos, por lo que es necesario comprender también el ciclo de la producción de leche, dado que ambos ciclos se encuentran vinculados. Esta información, además, permite comprender las diferencias de los ciclos de producción de carne entre las categorías vacas, vaquillas y novillos.

El ciclo biológico de producción de leche está vinculado en función de lograr futuras vacas destinadas a la producción. Esta fase se extiende desde el nacimiento de la ternera hasta su primer parto. Posteriormente, la fase productiva abarca desde el primer parto hasta el descarte o faena (ver figura N°3).

La preñez de la vaca - 280 días o 9 meses aproximadamente antes del parto - se puede producir por servicio natural, en el que participa el toro de forma directa dando el servicio, detectando el celo de la vaca, el que se repite cada 21 días aproximadamente o bien a través de inseminación artificial.

Figura 3. Ciclo de la producción de leche.



Fuente: Elaboración propia.

La “vida útil” de una vaca se mide en términos de la cantidad de partos o ciclos productivos lácteos. Por ende, el ciclo productivo es viable en la medida que se haya producido una concepción en el período previo. La figura N°3 muestra el ciclo productivo de una hembra, desde el nacimiento hasta que comienza la producción de leche. Se puede observar que hasta los dos primeros años comprende un enfoque para la crianza destinada a la producción de leche, en que aproximadamente en el mes 14 se realiza el servicio y concepción de la vaquilla. Desde su primera concepción pasa un período aproximado de 9 meses hasta el parto, en que comienza la producción de leche. Como se puede ver en la curva roja, la producción de leche inmediatamente tras el parto es más bien moderada y va creciendo hasta alcanzar un *peak* que puede llegar a los 40 litros por día.

Seguido del parto viene un período denominado vacío, en el que la vaca no está preñada pero se encuentra produciendo leche. Tiene una duración de 83 días aproximadamente hasta un nuevo servicio y concepción.

Finalmente, la producción comienza a descender hasta que se aproxima el parto y se corta la producción, aproximadamente 2 meses antes de la llegada del nuevo ternero (denominado “período seco”), de modo que la vaca pueda recuperarse para un nuevo ciclo.

Algunas vacas pueden producir 20.000 litros en una lactación, entre los 9 a 10 meses que esta dura, aunque lo normal es que se sitúe alrededor de los 12.000 litros.

Es habitual que vacas que lleguen al séptimo año de vida, hayan completado cuatro ciclos productivos de leche. Ciertas circunstancias pueden motivar que haya vacas que terminen su vida útil productiva con menos o con más de cuatro ciclos productivos. El fin de la vida útil productiva de una vaca, implica su retiro y posterior venta como "vaca de descarte" (Cartier, 2015).

d) Comercialización de carne bovina en Chile.

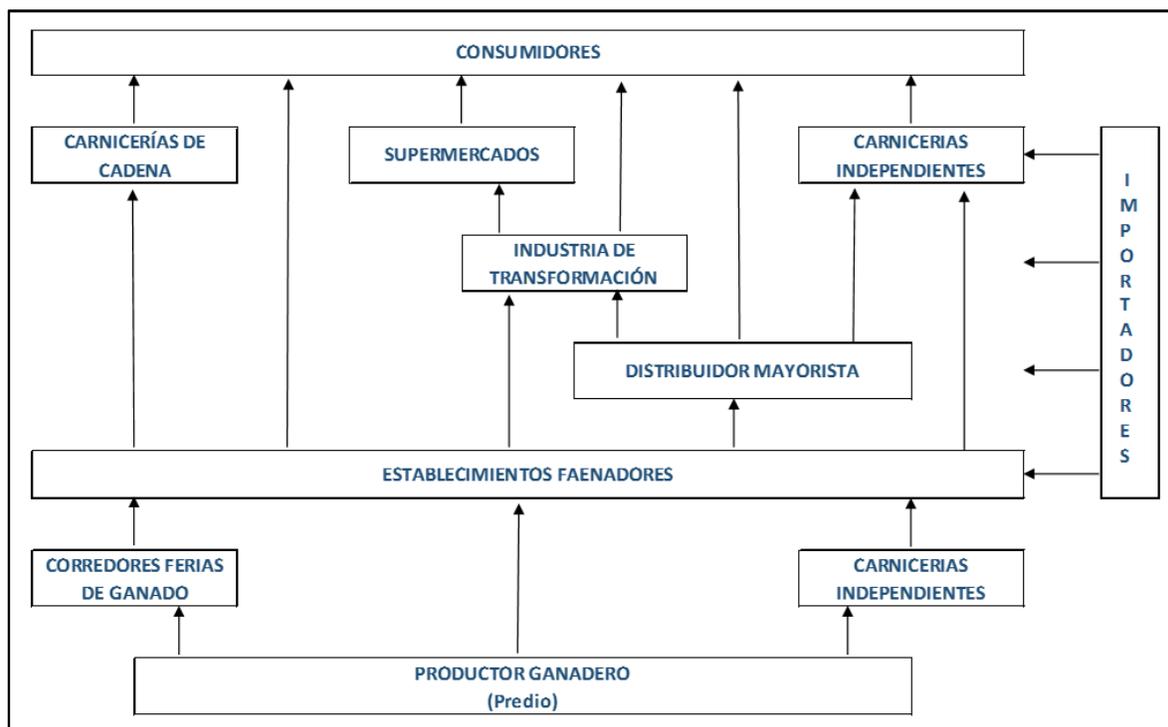
En la estructura de comercialización del ganado bovino, desde el predio hasta el mercado minorista, participan un conjunto de actores que realizan actividades de intermediación comercial, procesamiento y distribución al detalle (ODEPA, 2002).

Como se puede apreciar en la figura N° 4, el primer segmento de la cadena comercial está representado por los corredores y ferias, productores ganaderos y carnicerías independientes.

A destacar:

- Productor ganadero: se dedica a la crianza, recría y engorda del animal. Es el agente principal de la cadena.
- Corredores y/o Intermediarios: agente facilitador intermedio. Su importancia radica en el manejo de la oferta y demanda de ganado.
- Plantas faenadoras: agente elemental de la cadena donde son llevados los animales para ser sacrificados obteniendo así el producto final de consumo.
- Distribuidor a mayorista: empresa o empresario que corresponde a un intermediario que compra a un productor en grandes cantidades y a su vez vende a otro mayorista o minorista donde se genera la relación directa con el consumidor final.

Figura N°4. Representación de la cadena de carne bovina para el mercado nacional.



Fuente: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA).

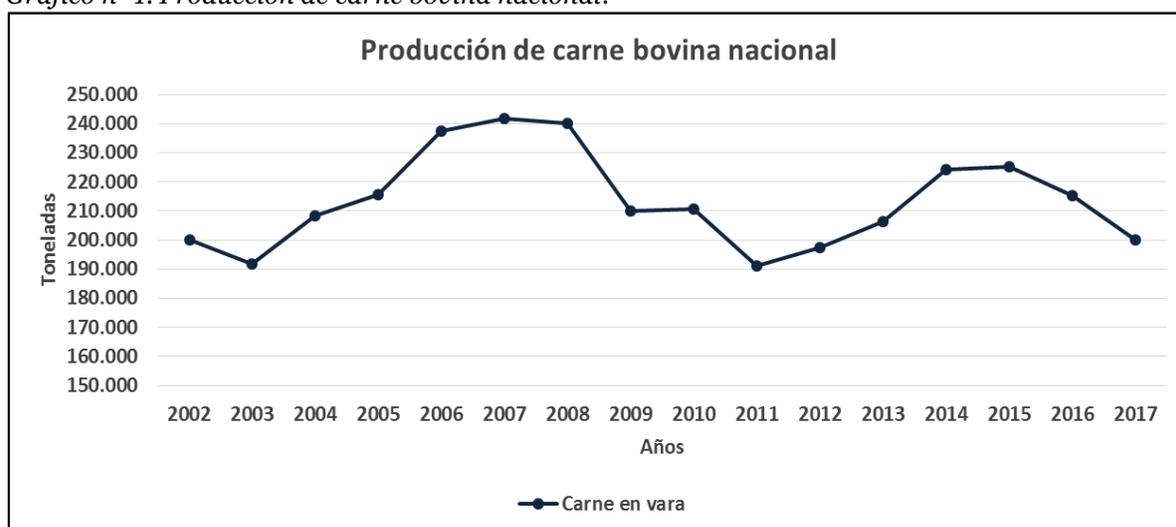
e) Mercado de carne bovina nacional.

La producción nacional de carne bovina en el transcurso del año 2002 al 2017 alcanzó en promedio 213.431 toneladas anuales, con ciclos variables dentro del período. En el año 2004, la producción rompió la tendencia a la baja que se venía observando en los años previos, alcanzando las 208.259 toneladas de carne en vara, cifra un 7,9% superior al año 2003. Esta alza de la producción estuvo relacionada con los buenos precios de la leche en los últimos períodos, lo que incentivó a los productores de leche a una mayor retención de vientres y con las expectativas de mejoría en los precios del novillo con destino a exportación de carne.

El aumento de la producción de carne bovina se mantuvo hasta el año 2007 donde alcanzó su *peak* de faena con 241.677 toneladas de carne en vara, cifra superior en un 1,7% a la del año anterior. El aumento real se produjo exclusivamente en las categorías de vacas y vaquillas, con un 4,9% y 5,2%, respectivamente. Si se compara por categoría la cantidad de carne producida con el número de animales faenados, se puede observar también una reducción del peso medio de los animales con respecto al año anterior.

Este ciclo entre fases de retención y faena se refleja en el Gráfico n° 1 de producción nacional, donde se aprecia una disminución en la producción desde el año 2008, en un 0,6% respecto al año anterior, y más fuerte aún en el año 2009 con 209.853 toneladas de carne en vara, un 14,5% inferior al año anterior, llegando a su menor nivel en el año 2011, con 190.979 toneladas. Recién en el año 2012 se registró un aumento de 3,3% respecto al período anterior, con 197.459 toneladas, comenzando un nuevo ciclo de aumentos que llega a su *peak* el año 2015, con 225.261 toneladas. Finalmente, el año 2017 presentó una disminución de un 7,1% respecto al año anterior, alcanzando las 199.957 toneladas de carne en vara.

Gráfico n° 1. Producción de carne bovina nacional.



Fuente: Elaboración propia, con cifras de la Encuesta de Mataderos de Ganado, INE 2018.

1.3 Mercado internacional y nacional de carne bovina

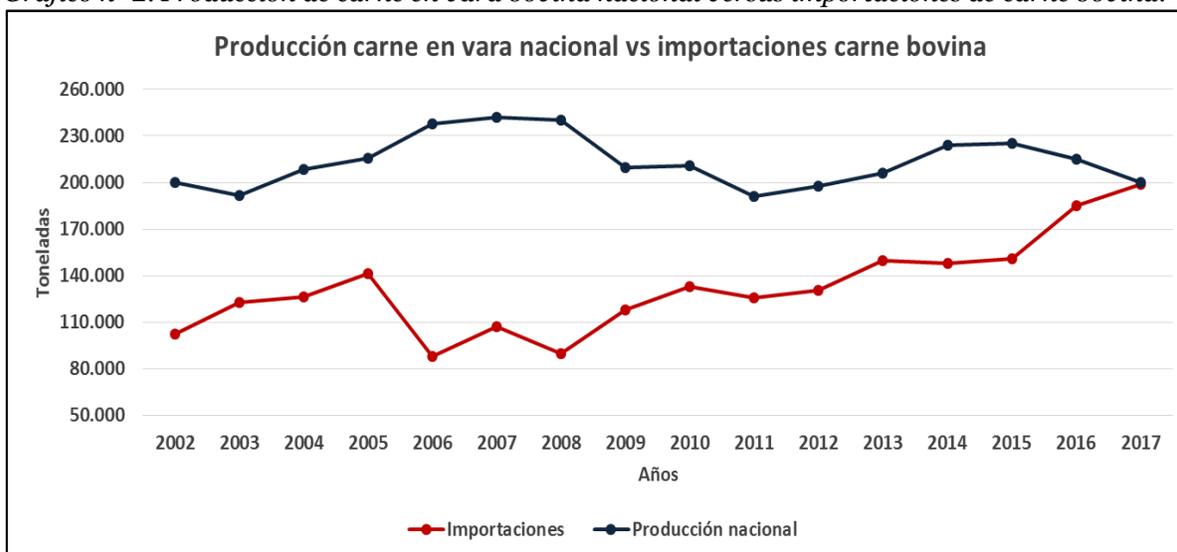
1.3.1 Importaciones de carne bovina

Las importaciones de carne bovina son muy importantes para el sector, ya que desde el año 2002 representan en promedio cerca del 51,0% del volumen disponible para el consumo nacional, y a partir del año 2010 esta participación ha aumentado desde un 63,2% aproximadamente hasta llegar a representar el 99,4% de la producción nacional el año 2017, con 198.843 toneladas, alcanzando el mayor nivel de importaciones durante el período de estudio. Entre 2002 a 2017 ha existido una tasa de crecimiento promedio anual de las importaciones de 4,3% en los últimos dieciséis años.

En volumen *per cápita*, Chile es el tercer importador de carne bovina, pero como las importaciones provienen desde países con riesgo aftósico, tiene el menor precio pagado en

relación con el de la carne de países con riesgo aftósico cero, lo que hace que solo sea el décimo séptimo en gasto monetario (ODEPA, 2007).

Gráfico n° 2. Producción de carne en vara bovina nacional versus importaciones de carne bovina.



Fuente: Elaboración propia, con cifras del INE y de Aduanas.

Como se muestra en la tabla N°5, Chile cuenta principalmente con cinco países proveedores cuya participación ha ido variando en el tiempo. En el año 2002 Brasil lideró en los envíos a nuestro país con un 70,4% de las importaciones totales, pero su participación disminuyó significativamente el año 2007 a causa de brotes de fiebre aftosa, cuyas importaciones fueron reemplazadas por las provenientes de Argentina y Paraguay con un 51,5% y un 41,5%, respectivamente, del total importado. Si bien Paraguay lideró los envíos posteriores al año 2007, su participación decayó el año 2012 por presentar focos de fiebre aftosa que significaron una suspensión del comercio de este producto, espacio tomado por Brasil con un 48,5% de las importaciones nacionales. En 2017, Paraguay y Brasil lideraron los envíos con un 47,1% y 31,7% del total nacional, respectivamente.

Tabla N°5. Participación de las importaciones de carne bovina, según país de origen.

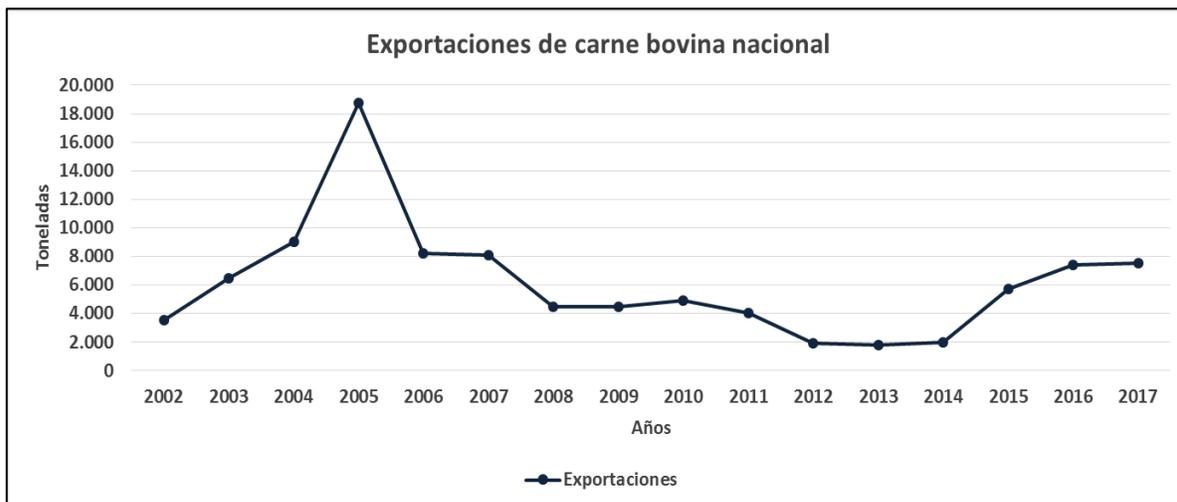
Años	Brasil	Paraguay	Argentina	Uruguay	EEUU	Otros
2002	70,5%	18,4%	0,1%	11,0%	-	
2007	5,9%	35,5%	51,5%	7,1%	-	
2012	48,5%	0,0%	21,0%	12,3%	6,1%	12,1%
2017	31,5%	47,1%	14,1%	2,6%	4,4%	0,3%

Fuente: Elaboración propia, con cifras de ODEPA y de Aduanas 2017.

1.3.2 Exportaciones de carne bovina.

En el caso de la carne bovina, Chile no es un país exportador de volúmenes. Las exportaciones de carne en vara de ganado bovino tuvieron su mayor *peak* el año 2005. Los principales países de destino fueron México (58,7%), Japón (17,0%), Cuba (14,3%), Reino Unido (5,1%), entre otros. Sin embargo, las exportaciones comenzaron a disminuir desde el año 2006 debido principalmente a dos factores: el bajo nivel al que llegó la cotización del dólar y un alza en el precio del ganado nacional causada por la reducción en la oferta interna de carne por el cierre de Brasil. Ambos factores colaboraron para que el producto nacional se hiciera menos competitivo en los mercados externos (ODEPA, 2006).

Gráfico N°3. Exportaciones de carne bovina nacional.



Fuente: Elaboración propia, con cifras de ODEPA y de Aduanas 2017.

Para el año 2017 el total de exportaciones de carne bovina llegó a 7.517 toneladas, con un aumento de 1,8% respecto al período anterior, correspondientes al 3,8% de la producción nacional en el mismo período. Los principales países de destino correspondieron a China (55,8%), Canadá (13,6%) y Cuba (6,5%), entre otros.

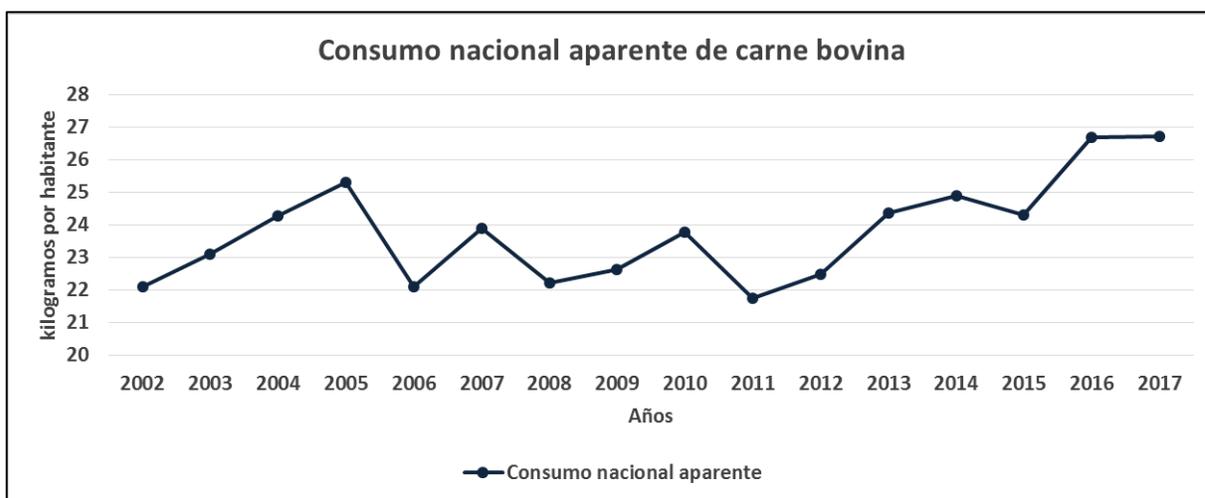
En lo que respecta a la producción de carne bovina, Chile no se caracteriza por ser un país ganadero, es decir, cuenta con existencias y producción limitada, y su desarrollo futuro en el contexto de una economía globalizada dependerá de su capacidad para exportar, de la evolución que se observa en las importaciones provenientes del MERCOSUR y de la rentabilidad de productos alternativos (Cordeu, 2002).

1.3.3 Consumo nacional de carne bovina

Las importaciones constituyen un fuerte aporte al consumo nacional de carne bovina, alcanzando actualmente el 99,4% del total de la producción nacional. Según lo mencionado en la sección anterior, la producción nacional se destina casi en su totalidad al consumo interno.

En el gráfico N°4, se muestra la existencia de cambios en la estructura de consumo en Chile, a través del indicador denominado “consumo aparente”, el que se aproxima a la disponibilidad de un producto para una población en un tiempo dado. El consumo aparente nacional de carne bovina ha aumentado desde el año 2002 a 2017 a una tasa de crecimiento anual del 1,2%, alcanzando el año 2017 un consumo aparente de 26,7 kilogramos de carne bovina por persona.

Gráfico N°4. Consumo nacional aparente de carne bovina.



Fuente: Elaboración propia, con datos del INE y Aduanas 2017.

II. Metodología y aplicación empírica

2.1 Metodología

Este trabajo presenta un estudio empírico – exploratorio con el que se pretende dar una revisión del ciclo ganadero en Chile, tomando como base las variables de carne en vara. Para las categorías más representativas: novillos, vacas y vaquillas, entre los períodos mensuales de los años 2002 al 2017.

Los datos se tomaron de la Encuesta de Mataderos de Ganado, correspondiente a un censo de los establecimientos de mataderos de ganado que provee información mensual del beneficio por especie, por categoría de bovinos y por región, proporcionando también información acerca de la producción de carne en vara por especie y por categoría de bovinos a nivel regional. Dicha información es administrada por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE).

Con la información descrita, utilizando el software estadístico R, se aplicaron modelos que buscaban dar sustento técnico a la investigación y con los que se pretende caracterizar y explicar la dinámica del ciclo ganadero en Chile para el período mencionado.

Para esto se realizó un análisis descriptivo de las series para cada categoría con la finalidad de identificar las características de cada una. Luego, haciendo uso de la metodología propuesta por Box-Jenkins, se calcula una estimación de modelos ARIMA, con sus respectivos ajustes, que son capaces de recoger los efectos dinámicos de cada serie y su comportamiento en el tiempo, encontrando así particularidades entre las categorías de novillos, vacas y vaquillas, que permitan mostrar con argumentos estadísticos su comportamiento. Finalmente, se continúa con la descomposición de las series, con el fin de comparar e identificar el ciclo de cada categoría. Existen diversas metodologías para calcular el ciclo, no obstante, para este trabajo se utiliza únicamente el método de Christiano & Fitzgerald, no estructural y univariado con dominio en la frecuencia, la que para este caso es mensual. De igual manera logrando determinar los efectos estacionales sobre el beneficio de ganado, se puede entregar al sector información más concisa de la oferta ganadera, estudiado desde la teoría, pero soportado con cifras reales y actualizadas.

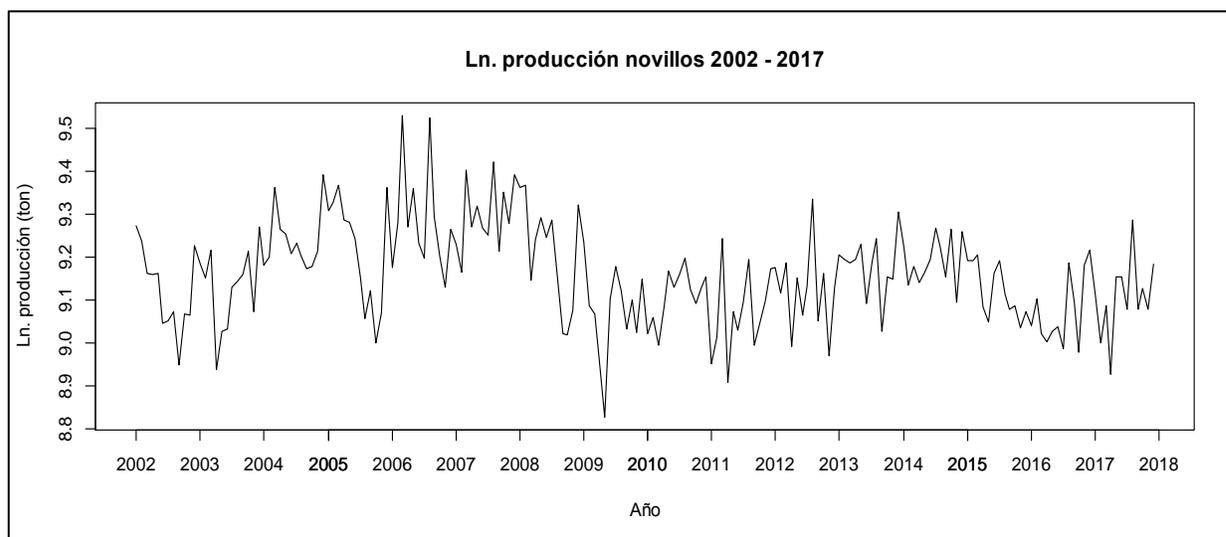
2.2 Análisis descriptivo

El ciclo ganadero se refiere a las fluctuaciones periódicas que enfrenta la actividad ganadera bovina. Este fenómeno existe porque esta especie es, al mismo tiempo, un bien de capital (vacas para producción de leche) y un bien de consumo (novillos, ganado corriente que se destina al consumo de carne), principalmente en el caso de la categoría vaquillas. Esto hace que si se planea aumentar el stock ganadero en el futuro, se debe invertir en el presente reteniendo vientres (vaquillas) para generar una renta futura (terneros). Lo anterior se traduce en una reducción de la oferta de ganado y carnes en el corto plazo.

Una característica interesante de este ciclo es su duración, que viene determinada por la lentitud del proceso productivo debido a las restricciones del ciclo biológico de la especie.

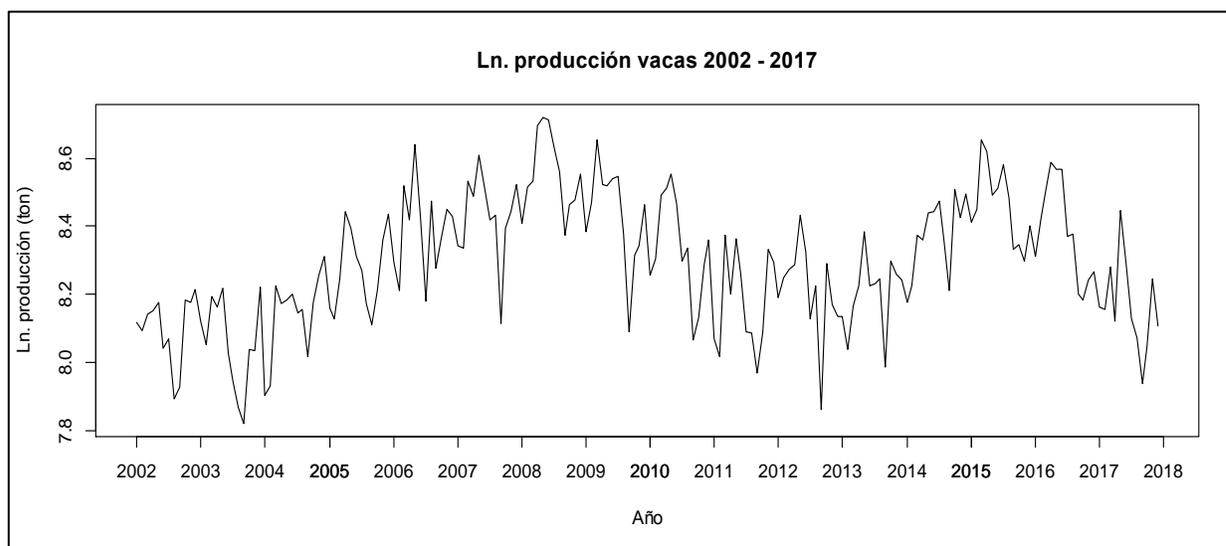
Los siguientes gráficos (5, 6 y 7) muestran el comportamiento del beneficio de ganado discriminando entre novillos, vacas y vaquillas. Las cifras están expresadas como logaritmo natural por la metodología utilizada para que la varianza sea constante. De esta manera se reduce el efecto de eventuales valores atípicos y se estabiliza la serie reduciendo la escala.

Gráfico N°5. Serie mensual para producción de novillos expresada como logaritmo natural.



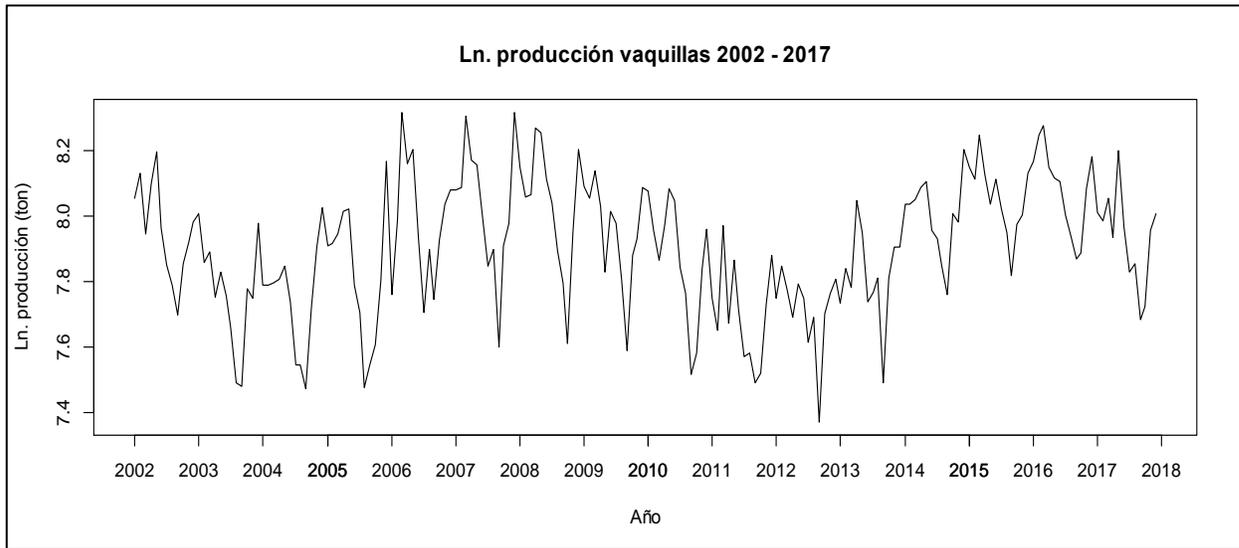
Fuente: Elaboración propia con datos INE 2018.

Gráfico N°6. Serie para producción de vacas expresada como logaritmo natural.



Fuente: Elaboración propia con datos INE 2018.

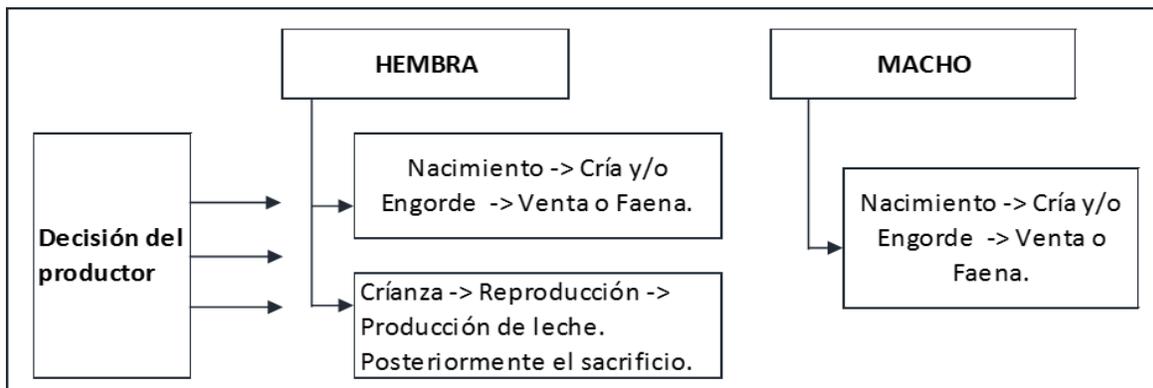
Gráfico N°7. Serie mensual para producción de vaquillas expresadas como logaritmo natural.



Fuente: Elaboración propia con datos INE 2018.

Es posible evidenciar que en la producción de novillos existe cierta regularidad en su tendencia y una caída de nivel en el año 2010. Además se puede apreciar cierta ciclicidad en su tendencia, pero no muy abrupta como en el caso de las vacas y las vaquillas, donde es posible identificar visualmente ciclos más persistentes y pronunciados que en los novillos. Este comportamiento característico en el sacrificio de las hembras, puede atribuirse a su función reproductiva, la que hace de las hembras un activo importante para asegurar la oferta de ganado.

Figura N°5. Esquema decisión del productor.



Fuente: Elaboración propia.

El ciclo ganadero tiene relación con que el ganadero condiciona su decisión de enviar a matadero el ganado según las características del mercado en el momento, condicionando así la faena del animal a las características de la demanda para el sector (ver figura N°5). Para un macho su principal destino es la faena, pocos son utilizados como reproductores o animales de trabajo, en cambio, las hembras actúan como bien de consumo y de capital.

Para iniciar el análisis se calcularon estadísticas descriptivas en las diferentes categorías a estudiar de la serie de tiempo, las que se indican y explican a continuación.

Tabla N°6. Estadísticos descriptivos de resumen para las diferentes categorías, períodos 2002 al 2017.

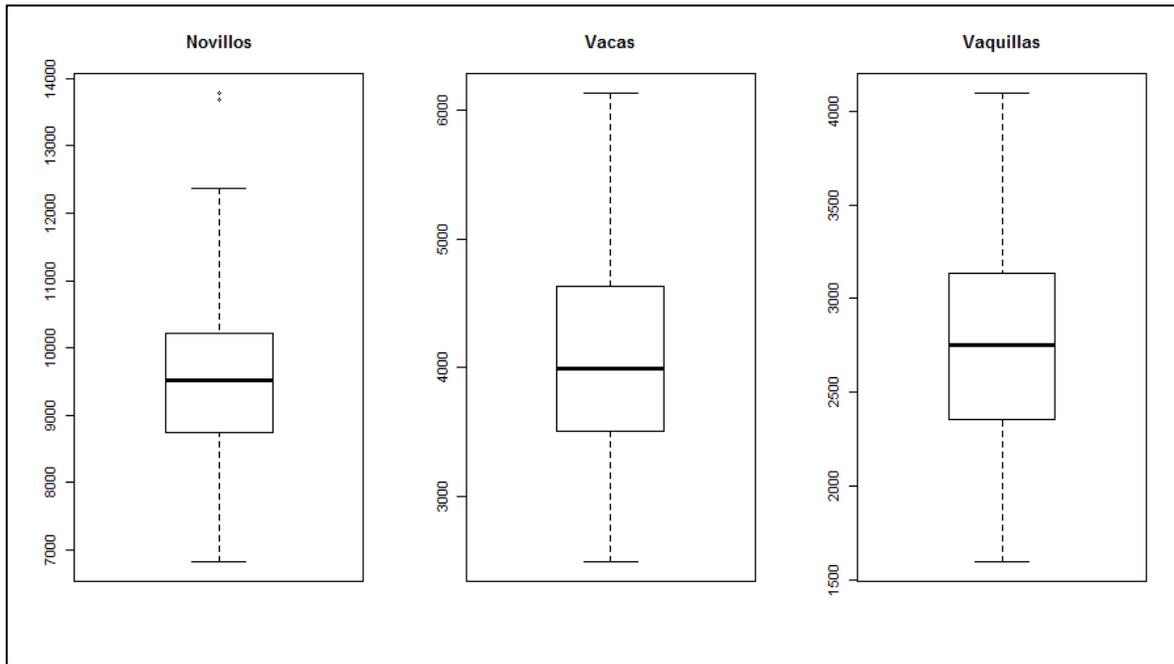
Estadísticos	Novillos	Vacas	Vaquillas
Mínimo	6.815	2.490	1.591
1er cuartil.	8.757	3.511	2.359
Mediana	9.510	3.995	2.753
Media	9.568	4.071	2.765
3er cuartil.	10.215	4.630	3.132
Máximo	13.785	6.131	4.098
I.Q.R.	1.457,6	773,1	773,1
Curtosis	4,1	2,6	2,5
C.V.	0,1	0,2	0,2

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los valores mínimos y máximos en los novillos parecen tener una mayor dispersión que en las hembras. Para comprobar lo anterior, basta revisar el rango intercuartílico (I.Q.R) y la curtosis. Para los novillos el I.Q.R indica una mayor dispersión de los datos que en las categorías de vacas y vaquillas. Al observar la curtosis la categoría novillos presenta una distribución leptocúrtica, es decir, una mayor concentración de datos sobre la media, lo que indica una mayor uniformidad en el beneficio de esta categoría, a diferencia de las categorías de hembras, donde su distribución es platicúrtica, es decir, con una mayor dispersión en torno a la media. Es posible apreciar lo mencionado anteriormente observando el gráfico N°8.

En el gráfico N°8 es posible apreciar una mayor concentración de datos en el centro, donde se agrupa el 50% de los datos alrededor de la mediana para los novillos, los que además presentan dos outliers que pueden estar empujando la media y haciendo más dispersa la distribución. Según el objetivo del informe, relacionado con una caracterización y comportamiento de los datos de cada categoría sin recurrir a una predicción, no se realizará un tratamiento a los outliers detectados con la finalidad de mantener los datos originales de la serie.

Gráfico N°8. Gráfico de caja para las series de novillos, vacas y vaquillas, períodos 2002 al 2017.



Fuente: Elaboración propia.

2.2.1 Análisis de la forma propia de la serie de tiempo para cada categoría

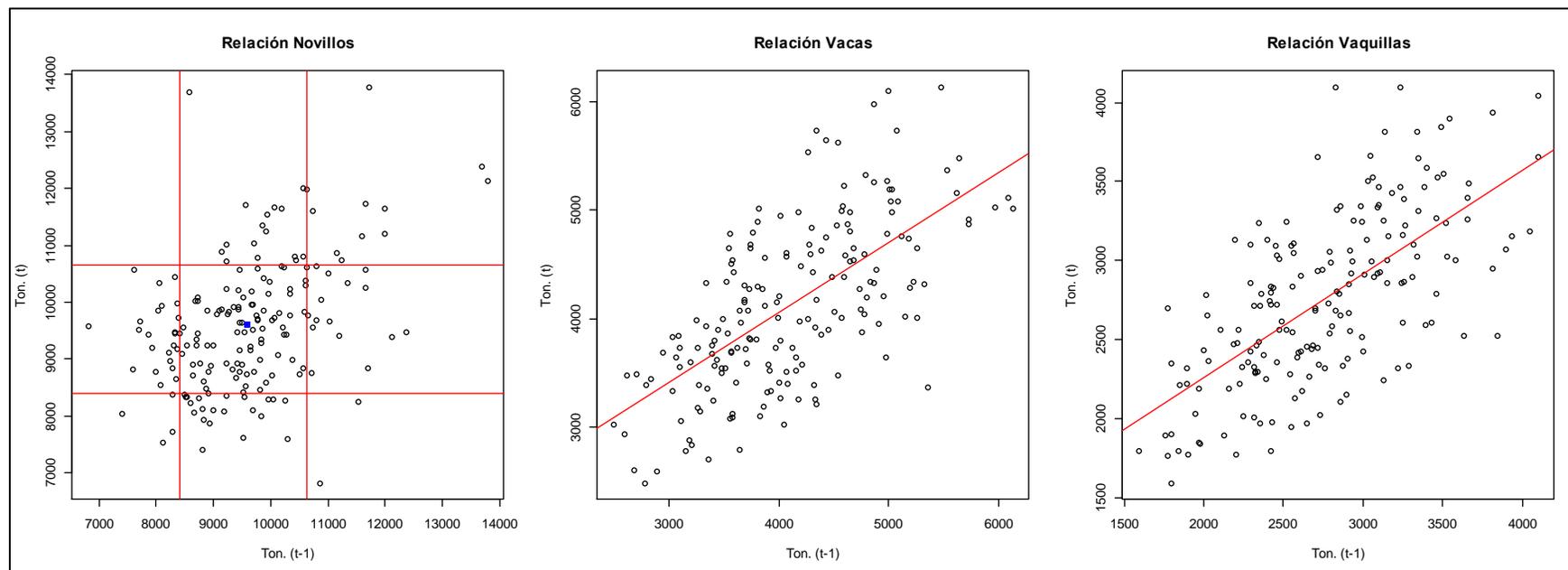
El siguiente análisis se realizará con el fin de observar con mayor detalle la forma propia de la serie de tiempo para cada categoría, para las categorías de novillos, vacas y vaquillas.

2.2.1.1 Relación de cada categoría con períodos anteriores

El gráfico N°9 muestra la relación que tiene el último año con los anteriores años para cada categoría, es decir, si existe asociación entre el mes actual con respecto al mismo mes del año anterior.

Entre ellos es posible apreciar una baja correlación en la categoría novillos con respecto a sus períodos anteriores, no así en las categorías de vacas y vaquillas, que presentan una alta correlación en relación con los períodos anteriores.

Gráfico N°9. Relación de la producción para cada categoría con respecto a períodos anteriores, períodos 2002 al 2017.



Fuente: Elaboración propia.

- Relación entre períodos para la serie de novillos.

Al realizar un ANOVA (análisis de la varianza) de la relación entre el período actual y los anteriores de la categoría novillos, es posible apreciar que la bondad de ajuste del modelo para la variable a explicar es baja, con un coeficiente de determinación de 0,16, lo que corresponde a una asociación positiva pero que no es clara entre períodos. Las líneas rojas que se visualizan en el gráfico de novillos muestran los datos que se agrupan en el percentil 15 al 85, entre el período actual (t) y el período anterior (t-1). Dentro de estos intervalos se concentra el 50% de los datos, entre las 8.500 y 10.700 toneladas aproximadamente.

Esto tiene relación con lo visto anteriormente en la descripción de las variables, donde se muestra que la categoría novillos presenta una curtosis leptocúrtica, por lo tanto, los datos tienden a concentrarse alrededor de la media.

- Relación entre períodos para la serie de vacas.

Al realizar un análisis del ANOVA de la relación entre el período actual y los anteriores de la categoría vacas, es posible apreciar que la bondad de ajuste del modelo a explicar establece un coeficiente de determinación de 0,42, explicando el 42% de las observaciones, lo que corresponde a una asociación positiva y clara entre períodos. También se tiene que el valor-p de la variable y del modelo es significativo a un 0,001 de significancia.

Esta relación puede ser explicada por la ciclicidad de la categoría vacas, ya que al existir un período de reducción del beneficio de la categoría, este tiene relación con el mismo período del año anterior, y viceversa, cuando cuando existe un aumento del beneficio de esta categoría.

- Relación entre períodos para la serie de vaquillas.

El mismo análisis que el de vacas se puede desprender del ANOVA para la relación entre el período actual y los anteriores para la categoría vaquillas. Aquí es posible apreciar que la bondad de ajuste del modelo a explicar es 44% de las observaciones, con un coeficiente de determinación de 0,44, relación que puede ser explicada por la ciclicidad de la categoría vaquillas al igual que las vacas.

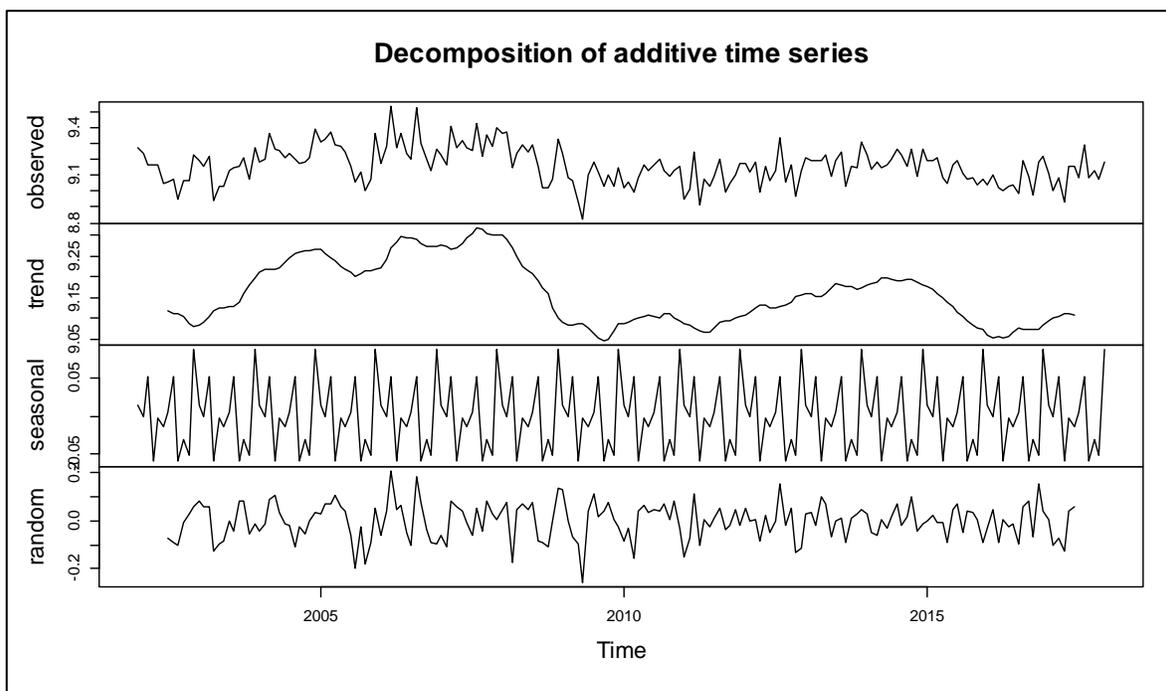
2.2.1.2 Descomposición de la serie para cada categoría

2.2.1.2.1 Comportamiento de la serie de tiempo para novillos

A continuación se muestran los gráficos obtenidos de la descomposición de la serie de tiempo para la producción de novillos, que se encuentran transformadas a logaritmo natural.

En el gráfico N°10 se observa la tendencia con un comportamiento variable. La producción los primeros años hasta el 2008 tiende al alza, pero tiene una caída abrupta hacia el año 2010, donde es posible observar además un cambio de nivel hacia la baja con respecto a la producción de carne en vara de novillo. En el caso del componente estacional, la serie muestra claramente estacionalidad en su comportamiento. Finalmente la componente aleatoria o ruido se comporta de forma volátil, existiendo períodos con alta volatilidad.

Gráfico N° 10. Descomposición de la serie de tiempo para novillos, períodos 2002 al 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N°11 es posible visualizar la estacionalidad en la producción de novillos, la que está dada para los meses de enero, agosto y diciembre, presentando una mayor mediana en comparación al resto del año.

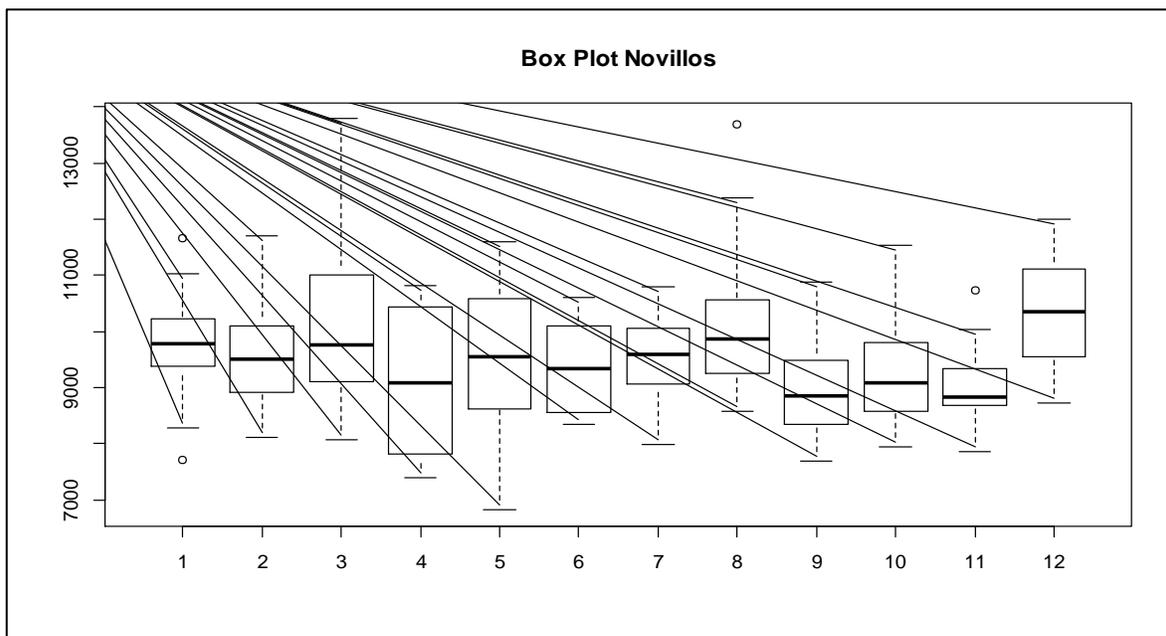
Tabla N°7. Resumen de la media y mediana de los meses más altos para novillos.

Meses	Mediana	Media
Enero	9.790	9.752
Agosto	9.866	10.151
Diciembre	10.344	10.375

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados tienen relación con el ciclo del ganado bovino para enero, por el inicio de las pariciones que comienzan en primavera y con las fechas de celebraciones culturales para el caso de agosto (fines de agosto por Fiestas Patrias) y diciembre.

Gráfico N°11. Gráfico de cajas por meses para la producción de novillos, períodos 2002 al 2017.

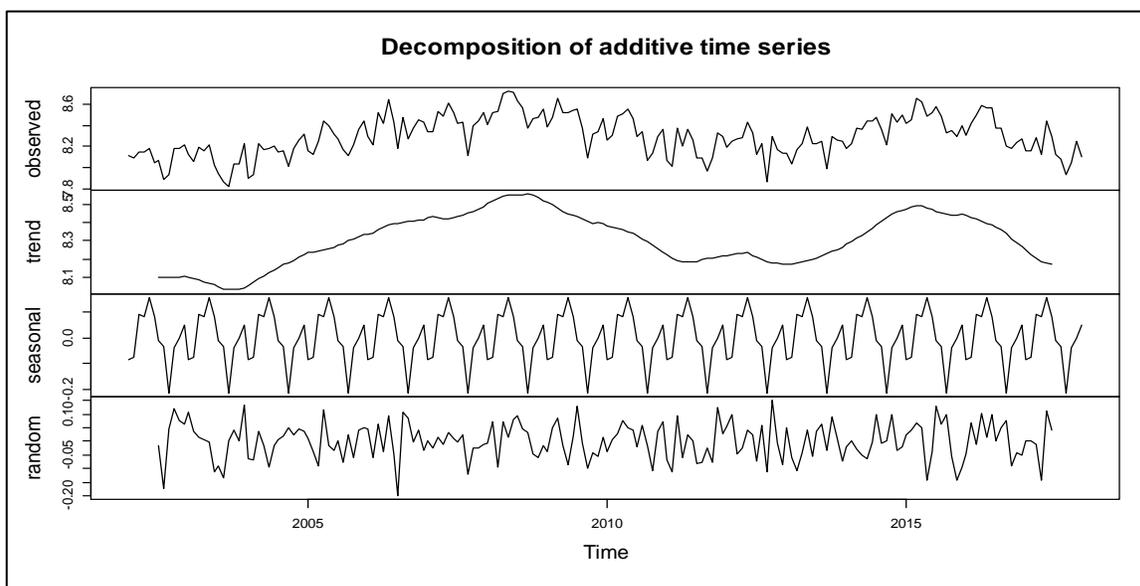


Fuente: Elaboración propia. Los meses se encuentran referidos al año calendario.

2.2.1.2.2 Comportamiento de la serie de tiempo para vacas

A continuación se muestran los gráficos obtenidos de la descomposición de la serie de tiempo para la producción de vacas, que se encuentran transformadas a logaritmo natural.

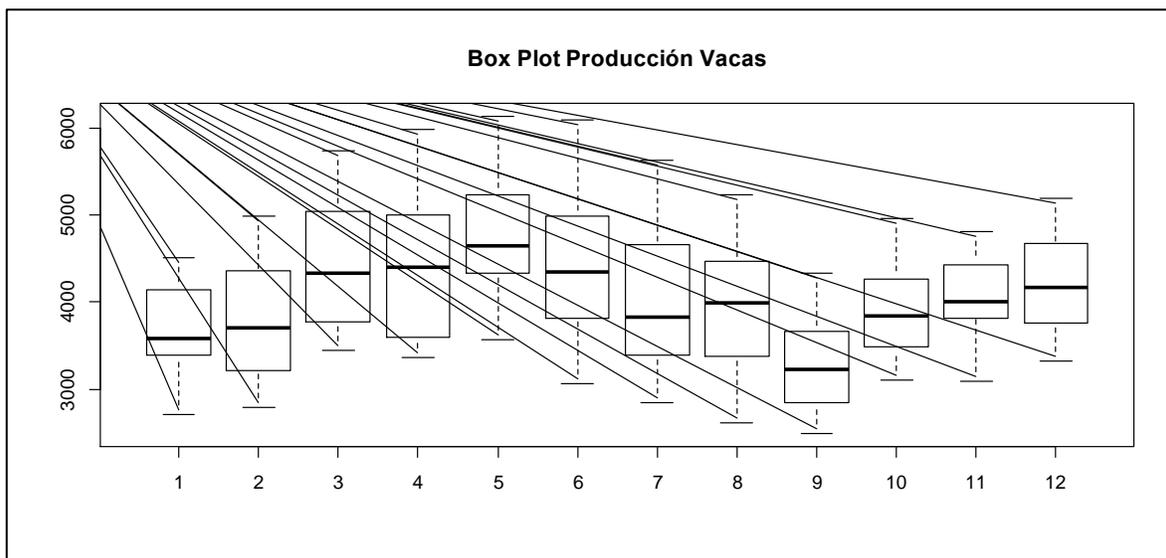
Gráfico N° 12. Descomposición de la serie de tiempo para vacas, períodos 2002 al 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N°12 se observa una tendencia cíclica con un comportamiento menos variable que en novillos. En el caso del componente estacional, la serie muestra claramente estacionalidad en su comportamiento. La componente aleatoria o ruido se comporta de forma volátil, sin embargo, existen períodos de mayor variabilidad.

Gráfico N°13. Gráfico de cajas por meses para la producción de vacas, períodos 2002 al 2017.



Fuente: Elaboración propia. Los meses se encuentran referidos al año calendario.

En el gráfico N°13 es posible visualizar la estacionalidad en la producción de vacas para los meses de abril, mayo y junio, cuando se presenta una mayor mediana en comparación al resto del año.

Tabla N°8. Resumen de la media y mediana de los meses más altos para vacas.

Meses	Mediana	Media
Abril	4.398	4.402
Mayo	4.639	4.713
Junio	4.348	4.378

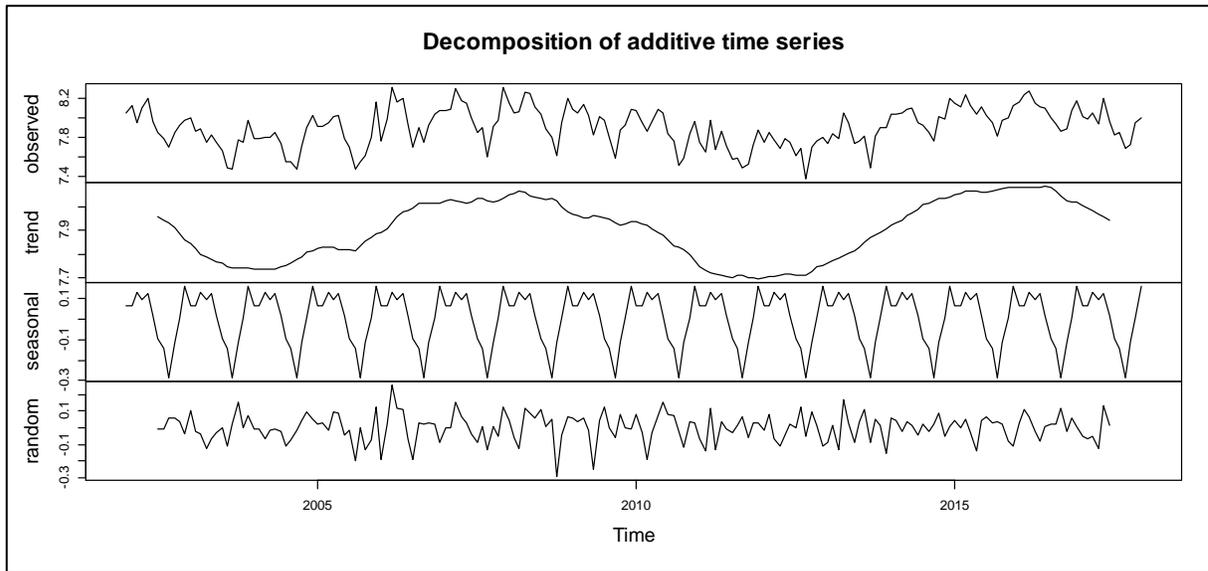
Fuente: Elaboración propia.

El beneficio de vacas tiene un comportamiento distinto al de novillos, lo que se debe a que cumplen su ciclo de parición y luego se benefician entre otoño e invierno abasteciendo el mercado interno cuando la oferta disminuye.

2.2.1.2.3 Comportamiento de la serie de tiempo para vaquillas

A continuación se muestran los gráficos obtenidos de la descomposición de la serie de tiempo para la producción de vaquillas, que se encuentran transformadas a logaritmo natural.

Gráfico N° 14. Descomposición de la serie de tiempo para vaquillas, períodos 2002 al 2017.

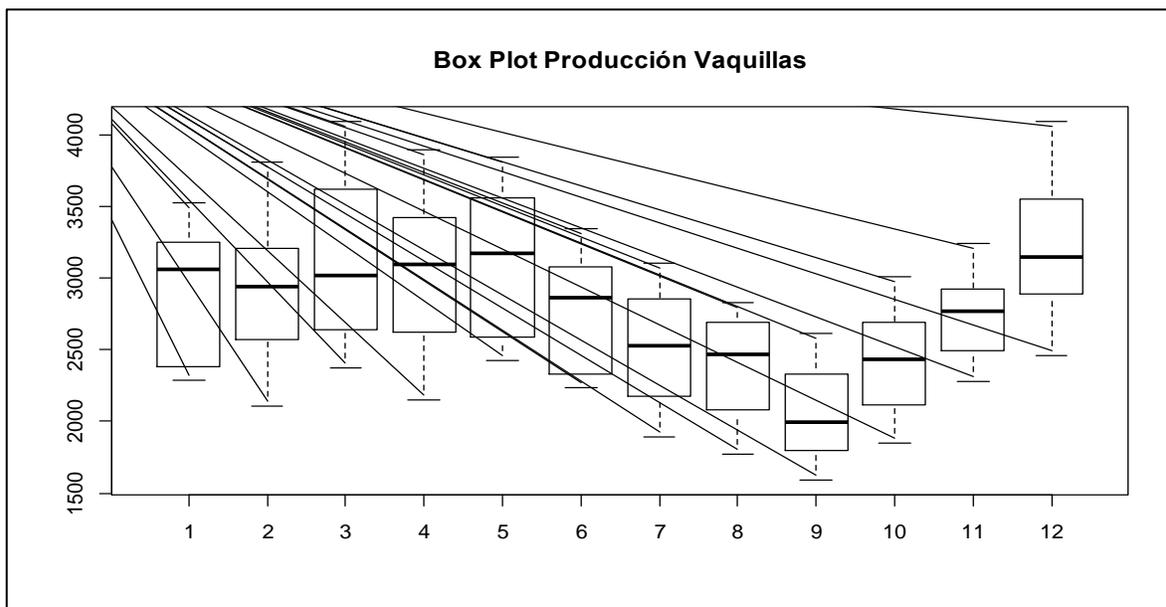


Fuente: Elaboración propia. Los meses se encuentran referidos al año calendario.

En el gráfico N°14 se observa una tendencia cíclica bien definida, con un comportamiento menos variable que en novillos y vacas. En el caso del componente estacional, la serie muestra claramente estacionalidad en su comportamiento. La componente aleatoria o ruido se comporta de manera volátil, sin embargo, se aprecia más constante que en vacas y novillos.

En el gráfico N°15 es posible visualizar que la producción de vaquillas para los meses de enero, abril, mayo y diciembre, presentan una mayor mediana y media en comparación al resto del año (ver tabla N°9).

Gráfico N°15. Gráfico de cajas por meses para la producción de vaquillas, períodos 2002 al 2017.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°9. Resumen de la media y mediana de los meses más altos para vaquillas.

Meses	Mediana	Media
Enero	3.060	2.929
Abril	3.100	3.025
Mayo	3.174	3.113
Diciembre	3.149	3.188

Fuente: Elaboración propia.

Para el beneficio de vaquillas se puede apreciar un comportamiento mixto entre novillos y vacas, dado que se benefician entre otoño e invierno, abasteciendo el mercado interno cuando la oferta disminuye y en diciembre - enero por celebraciones culturales y el inicio de pariciones que comienzan en primavera.

2.2.1.2.4 Resumen de los indicadores por ratio de la media

A continuación, se presenta un resumen de los ratios de la media mensual para la producción por categoría de estudio, en comparación con las importaciones y precios nacionales e internacionales.

Tabla N°10. Resumen de los ratios para la media de los meses más altos según categoría, período 2002-2017.

Categorías	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Prod. Novillos (t)	1,02	1,00	1,05	0,95	1,00	0,98	1,00	1,06	0,94	0,97	0,95	1,08
Prod. Vacas (t)	0,92	0,93	1,09	1,08	1,16	1,07	0,98	0,96	0,80	0,96	1,00	1,04
Prod. Vaquillas (t)	1,06	1,06	1,12	1,09	1,13	1,00	0,90	0,86	0,75	0,88	0,99	1,16
Importaciones (t)	0,86	0,82	0,92	0,95	0,89	0,90	0,99	1,25	1,08	1,00	1,08	1,27
Precio importación (\$)	0,96	0,96	0,96	0,98	0,98	0,99	0,99	1,01	1,03	1,02	1,04	1,06
Precio Nacional (pesos)	0,89	0,93	0,94	0,95	0,96	0,99	1,05	1,08	1,11	1,08	1,03	0,99
Consumo Nacional	0,92	0,91	1,00	0,98	0,98	0,96	0,99	1,13	0,98	0,97	1,01	1,17

Fuente: Elaboración propia, con información de INE, ODEPA y Aduanas.

La explicación para el aumento del beneficio de novillos en verano (enero, febrero, marzo) se debe principalmente a que la especie, en general, debiera parir cuando comienza la primavera debido a que aumenta la disponibilidad de forraje, además el clima mejora y no se corre el riesgo de que los novillos recién nacidos se vean involucrados en enfermedades o mueran por efecto del mal tiempo en invierno. Luego del parto es necesario que el ternero permanezca junto a su madre aproximadamente 3 meses, es decir, aquí comienza la etapa de crianza hasta el octavo mes, después viene el período de recría hasta el mes 18, posteriormente comienza la fase de engorda hasta el mes 26, luego comienza la venta de novillos cerca de enero, existiendo mayor oferta, y a consecuencia de esto los precios bajan como se puede apreciar en la tabla N°10, sin embargo, se debe considerar que estos períodos dependen de las razas y el tipo de manejo.

Los meses de mayor beneficio corresponden a agosto y diciembre, con 6% y 8%, respectivamente, por sobre la media anual, dado que en estas fechas el consumo de carne aumenta por celebraciones culturales. En el caso de agosto, es porque en septiembre comienzan las Fiestas Patrias donde la carne es el alimento principal.

Además, en esta fecha comienza la primavera con un clima más cálido, por lo que los ganaderos comienzan a comprar novillos. Durante este tiempo la fuente de alimento principal es obtenida del pastoreo y generalmente se manejan al aire libre con menores costos para el productor, quien decide comprar más de este tipo de animales. Dado lo anterior, aumenta la demanda por parte de los ganaderos y de los consumidores finales, por lo que incrementa el precio sobre la media anual como se puede apreciar en la tabla N°10.

El beneficio de vacas tiene un comportamiento distinto al de novillos, lo que se debe a que cumplen su ciclo de parición y luego se benefician entre otoño e invierno, abasteciendo el mercado interno cuando la oferta disminuye y aprovechando los precios que comienzan a aumentar después de los precios bajos en el verano.

El comportamiento del beneficio de vaquillas es similar al de novillos, dado que corresponden a animales destinados a carne desde un principio (razas de carne) y son del mismo rango etario de los novillos (nacimientos). También, algunos son tomadores de precio, por lo tanto, los mantienen un tiempo más hasta que los precios mejoran (abril, mayo, junio) comportándose el beneficio como el de la categoría vacas.

La menor oferta en general se aprecia de septiembre a noviembre. Esta disminución de la oferta interna se puede atribuir a los ciclos reproductivos de la especie, que se compensa con el aumento de las importaciones.

Las importaciones aumentan en agosto y diciembre, por el incremento de la demanda en fechas de celebraciones culturales, y crece también de septiembre a noviembre cuando disminuye la oferta interna.

Finalmente, el aumento del consumo nacional se puede apreciar en mayor medida en agosto y diciembre con un 13% y 17%, respectivamente, por sobre la media anual, observándose un leve aumento en marzo.

2.3 Estimación del modelo

Haciendo uso de la metodología propuesta por Box – Jenkins, se pueden hacer estimaciones de modelos ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) que sean capaces de recoger los efectos dinámicos de la serie de tiempo y generar un modelo que se adapte al ciclo de la producción de carne en Chile. Para generar un modelo que prediga el ciclo o la forma de la serie, se evaluó la capacidad predictiva del modelo utilizando el criterio de Akaike (AIC) y el de Schwarz (BIC), tomando en cuenta que BIC penaliza con mayor severidad la inclusión de regresores, a diferencia de AIC, donde es posible aumentar el ajuste del modelo a costa de más varianza y parsimonia. El objetivo de capturar estos modelos es

caracterizar el comportamiento del sacrificio entre novillos, vacas y vaquillas, y que con argumentos estadísticos se muestre que tienen un comportamiento distinto.

2.3.1 Comportamiento de las series.

Como se mencionó anteriormente, las series se encuentran expresadas en logaritmo natural. De esta manera se atenúan las variaciones irregulares en la serie.

Para conocer el comportamiento de las series es necesario verificar el supuesto de normalidad. En este ejercicio se utilizó el test de normalidad de Shapiro – Wilk, considerado uno de los test más potentes para el contraste de normalidad.

Para el contraste del test se debe tomar en cuenta que la hipótesis nula (H_0) plantea que la población se encuentra distribuida normalmente con un valor crítico de 5%.

En la serie de novillos el test arroja un valor-p de 0,47, para el caso de la serie de vacas se obtiene un valor-p de 0,40 y para la serie de vaquillas un valor-p de 0,11. Para todos los casos se obtiene que los datos siguen una distribución normal en escala logarítmica.

2.3.2 Clasificación de las series.

Las series temporales se pueden clasificar en estacionarias y no estacionarias.

Una serie es estacionaria cuando es estable a lo largo del tiempo, es decir, cuando la media y la varianza son constantes en el tiempo (Villavicencio). En cambio las series no estacionarias son aquellas en que la tendencia y/o variabilidad cambian en el tiempo y tampoco siguen una tendencia. Por lo tanto, si la serie no es estacionaria se debe transformar la serie para estabilizarla y así poder predecir con una mayor probabilidad su comportamiento.

Para comprobar la estacionariedad de la serie se utiliza la prueba de Dickey – Fuller aumentada, que corresponde a una prueba de raíz unitaria. Para el contraste del test se debe tomar en cuenta que la hipótesis nula (H_0) es que la serie posee raíz unitaria, con un valor crítico de 5%.

En el caso de la serie de novillos resulta un valor-p de 0,085, por lo tanto, no es posible rechazar la hipótesis nula; esta serie posee raíz unitaria lo que quiere decir que no es estacionaria. Para la serie de vacas se muestra un valor-p de 0,29, por lo tanto, la hipótesis nula no se puede rechazar, correspondiendo a una serie no estacionaria. La serie de vaquillas se observa un valor-p de 0,01, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; la serie no tiene raíz

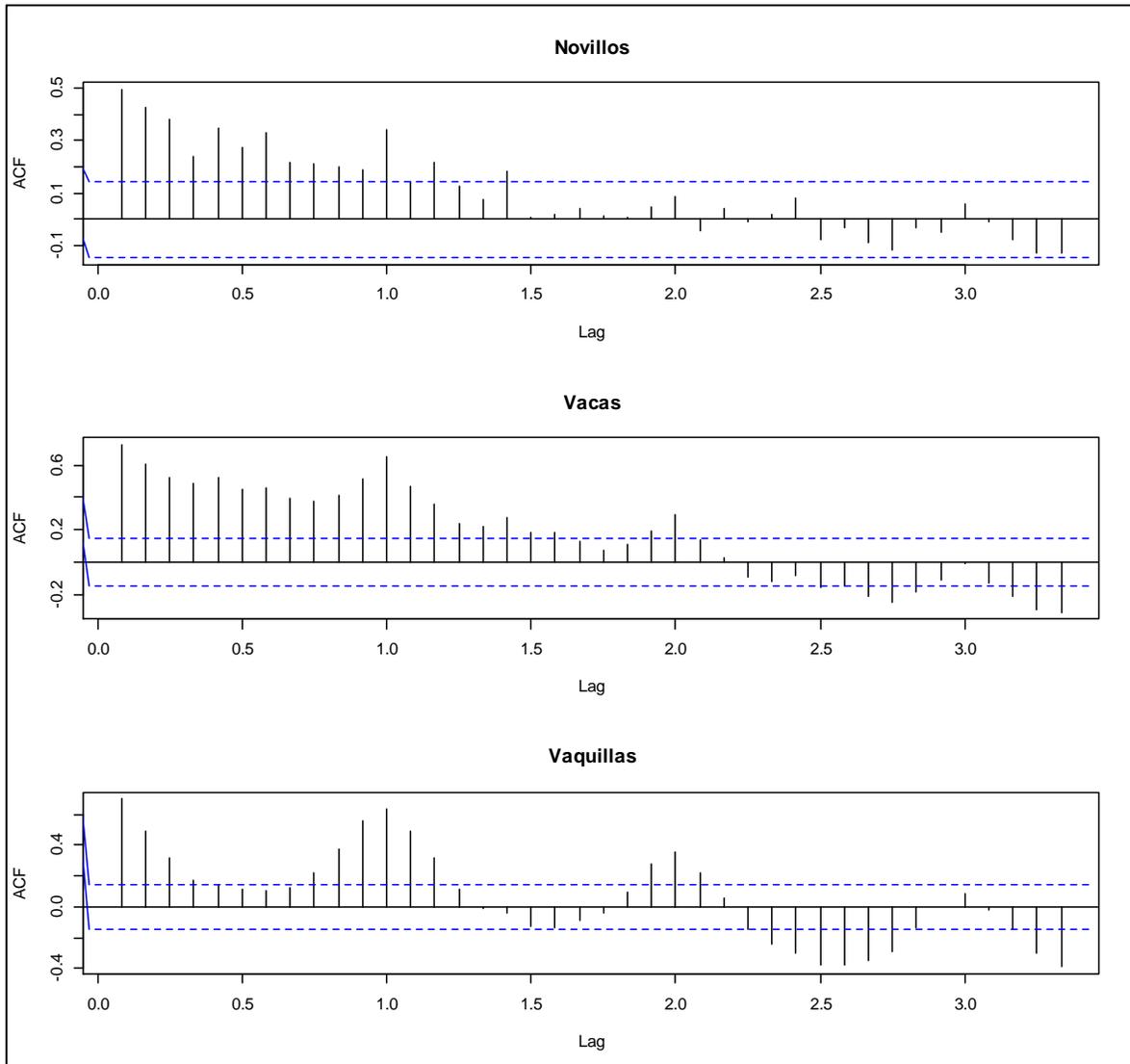
unitaria, siendo estacionaria. Para llevar a cabo la estimación se debe asegurar la estacionariedad de la serie, de lo contrario, se obtienen resultados espurios. En caso de existir una raíz unitaria en la serie esta se debe diferenciar para obtener una serie estacionaria.

2.3.3 Correlograma de las series

Con el correlograma es posible observar las autocorrelaciones en las series analizadas, para poder comprobar la aleatoriedad de los datos en diferentes lapsos de tiempo o las pautas de dependencia (variaciones periódicas). Además, permite identificar los modelos que generan los datos según la metodología de Box – Jenkins.

En el gráfico N° 16 se observa la autocorrelación simple para cada categoría, donde es posible apreciar que cada gráfico tiene tendencia a la baja y en cada caso los retardos están correlacionados con el anterior. Además, en el caso de vacas y vaquillas se observa que la correlación simple muestra rezagos a más de 4 retardos (lag), es decir, esto podría tener directa relación con una serie de larga memoria, no así en novillos donde se observan rezagos hasta el lag 1 con mayor correlación.

Gráfico N°16. Autocorrelación simple para las series logarítmicas de novillos, vacas y vaquillas.



Fuente: Elaboración propia.

2.3.4 Modelación de las series

De los resultados anteriores se infiere que es necesario diferenciar las series de novillos y vacas para volverlas estacionarias, no así para vaquillas la que no posee raíz unitaria. Además, tanto para la serie de vacas como vaquillas, se deduce que un modelo más ajustado podría ser un SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) dado que corresponden a series de memoria larga como lo muestra el correlograma, no así en novillos donde se observan rezagos en el primer retardo, lo que supone un modelo ARIMA más

complejo para determinar el modelo con mayor ajuste. Cabe mencionar que las series se cortaron en los últimos 12 períodos para poder comparar el pronóstico del modelo con respecto a los datos reales de la serie.

2.3.4.1 Modelación serie de novillos

Según los resultados arrojados en la prueba de Dickey – Fuller es necesario diferenciar la serie para volverla estacionaria.

El correlograma -ver gráfico N°16- da la impresión de un modelo ARIMA, por su comportamiento irregular en los primeros retardos, decreciendo para retardos posteriores. En la autocorrelación parcial los retardos decrecen atenuadamente y con leves ondas sinusoidales.

Según lo mencionado, en un principio se busca proponer un modelo más ajustado tomando como base el criterio de Akaike y de Schwarz. Para esto se presenta la siguiente tabla resumen que muestra los mejores modelos propuestos según los criterios mencionados.

Tabla N°11. Resumen de los principales modelos encontrados para la serie de novillos.

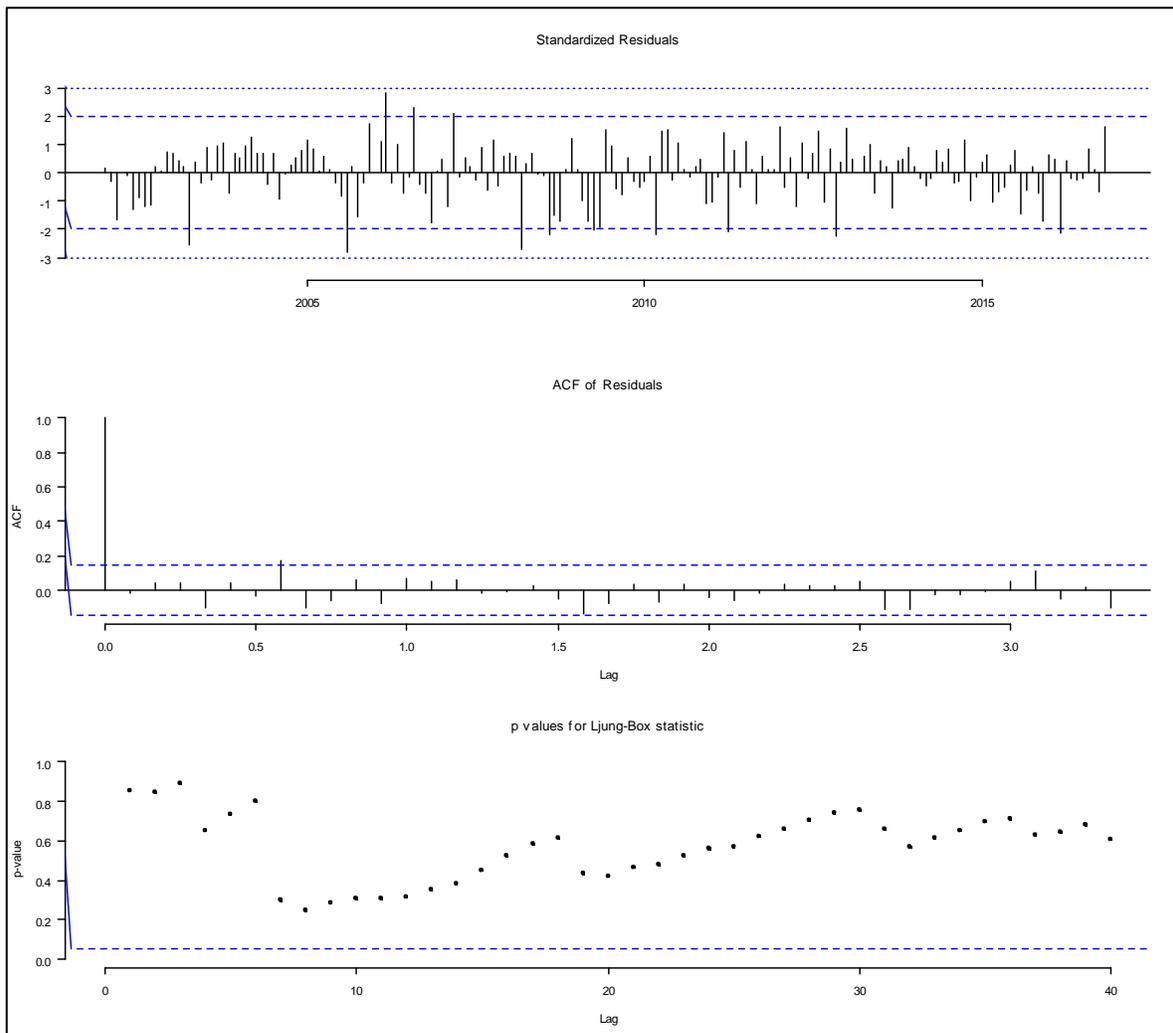
Modelos	Criterios	
	AIC	BIC
ARIMAX (3,1,3), xreg(3 dummy)	- 364,55	- 332,68
ARIMAX (3,1,3), xreg(11 dummy)	- 369,96	- 318,98
ARIMA (8,1,8)	- 332,83	- 278,64
SARIMA (0,1,2)(1,0,0)[12]	- 329,72	- 316,97
ARIMA (3,1,3)	- 329,58	- 307,27
ARIMA(9,1,3),fixed(ar1,ar2,ar3,ar9,ma1,ma2,ma3)	- 326,80	- 301,31
ARIMA (3,1,2)	- 319,58	- 300,27

Fuente: Elaboración propia.

El análisis mediante un autoarima arroja un modelo SARIMA(0,1,2)(1,0,0)[12], basado en el criterio de Schwarz. Sin embargo, existen otros modelos que presentan un comportamiento más ajustado a la serie. El modelo ARIMA(3,1,3) posee un resultado similar al autoarima propuesto por el software R, así también el ARIMA(8,1,8), donde ambos poseen mayor parsimonia y varianza que el modelo SARIMA, dada la inclusión de más parámetros, lo que es posible apreciar con el criterio de Schwarz donde ambos modelos son más castigados. Sin embargo, los modelos ARIMA mencionados muestran una dependencia en los rezagos 3 y 8 correspondientes a los meses de marzo y agosto. Para comprobar lo anterior, se realizaron modelos ARIMAX con la inclusión de variables dummy.

En el gráfico N°17 se puede observar el análisis del modelo ARIMAX (3,1,3) construido con tres variables dummy para los meses de marzo, agosto y diciembre, el que presenta el mejor ajuste en cuanto a la estacionalidad de los datos reales y con menos error y parsimonia. Este modelo confirma la dependencia de los meses de marzo, agosto y diciembre de la serie de tiempo para novillos, lo que puede estar explicado por el aumento de la producción en estos meses, según lo mencionado en la descripción de la serie.

Gráfico N°17. Análisis de los residuos de la serie logarítmica de novillos ARIMAX (3,1,3) con tres variables dummies.



Fuente: Elaboración propia.

En el correlograma se observa que para el modelo ARIMAX (3,1,3) ningún valor-p rechaza la hipótesis nula (H_0) del estadístico de Ljung – Box para ningún rezago, lo cual no indica que exista autocorrelación en los residuos. Además, casi todos los rezagos se encuentran

dentro de las bandas de confianza en los gráficos de la ACF. Por lo tanto, el modelo cumple con el enfoque metodológico de Box – Jenkins.

2.3.4.2 Modelación serie de vacas

Según los resultados arrojados en la prueba de Dickey – Fuller es necesario diferenciar la serie para volverla estacionaria.

El correlograma (ver gráfico N°16) sugiere que un modelo SARIMA podría adaptarse bien a la serie de tiempo, dado que se observa un efecto de estacionalidad en la serie, donde se puede apreciar que la correlación simple muestra rezagos a más de 24 períodos, lo que podría tener directa relación con una serie de larga memoria.

Siguiendo la misma metodología anterior, se presenta la tabla resumen que muestra los mejores modelos propuestos según las medidas de calidad relativa de modelos estadísticos.

Tabla N°12. Resumen de los principales modelos encontrados para la serie de vacas.

Modelos	Criterios	
	AIC	BIC
SARIMA (3,1,1)(2,0,1)[12], fixed(ar3,ma1,sar1,sar2,sma1)	- 337,97	- 318,85
SARIMA (3,1,1)(2,0,1)[12]	- 338,79	- 313,29
SARIMA (2,1,1)(2,0,1)[12]	- 335,44	- 313,13
SARIMA (2,0,2)(0,1,1)[12]	- 316,16	- 294,29

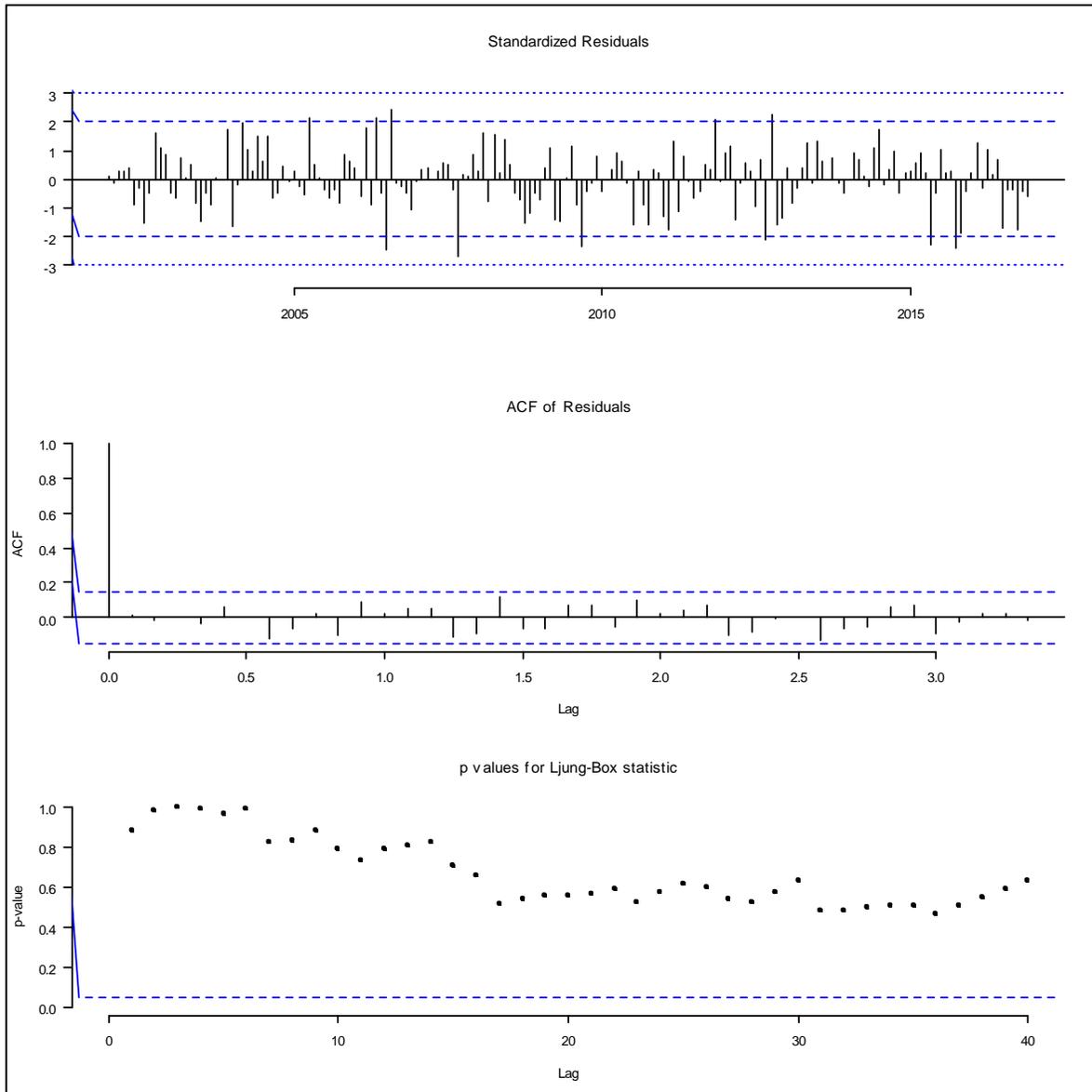
Fuente: Elaboración propia.

El software estadístico R, mediante un autoarima arroja un modelo SARIMA(2,0,2)(0,1,1)[12], basado en el criterio de Schwarz. Sin embargo, existen otros modelos que presentan un comportamiento más ajustado a la serie. Aún así los modelos propuestos corresponden a modelos SARIMA, lo que confirma la hipótesis de que las vacas tienen una mayor estacionalidad que los novillos. En los modelos propuestos se puede observar que el modelo SARIMA(3,1,1)(2,0,1)[12] con efectos fijos, es el que presenta un mayor ajuste al comportamiento de la serie de vacas, con una estacionalidad a 24 meses.

En el gráfico N°18 es posible observar que no hay un p-valor respecto al cual se rechace la hipótesis nula (H_0) del estadístico de Ljung – Box para ningún retardo, lo que indica que no hay autocorrelación en los residuos. Además, se puede observar que casi todos los retardos se encuentran dentro de las bandas de confianza en los gráficos de la ACF.

Finalmente, el hecho de obtener un modelo SARIMA es suficiente para contrastar la hipótesis sobre un comportamiento más estacional en la serie de vacas que la de novillos.

Gráfico N°18. Análisis de los residuos de serie logarítmica de vacas SARIMA (3,1,1)(2,0,1)[12], fixed(ar3,ma1,sar1,sar2,sma1).



Fuente: Elaboración propia.

2.3.4.3 Modelación serie de vaquillas

Según los resultados arrojados en la prueba de Dickey – Fuller, a diferencia de las series anteriores no es necesario diferenciar la serie para volverla estacionaria.

Al igual que en la serie de vacas, el correlograma (ver gráfico N°16) da la impresión de un modelo SARIMA, dado que se observa un efecto de estacionalidad en la serie donde se

muestran rezagos a más de 4 retardos, lo cual podría tener directa relación con una serie de larga memoria.

Tabla N°13. Resumen de los principales modelos encontrados para la serie de vaquillas.

Modelos	Criterios	
	AIC	BIC
SARIMA (1,0,1)(2,0,1)[12]	- 265,31	- 242,96
SARIMA (1,0,1)(3,0,1)[12]	- 263,81	- 238,27
SARIMA (1,0,1)(4,0,1)[12]	- 262,47	- 233,73
SARIMA (1,1,0)(1,1,0)[12]	- 194,00	- 184,65

Fuente: Elaboración propia.

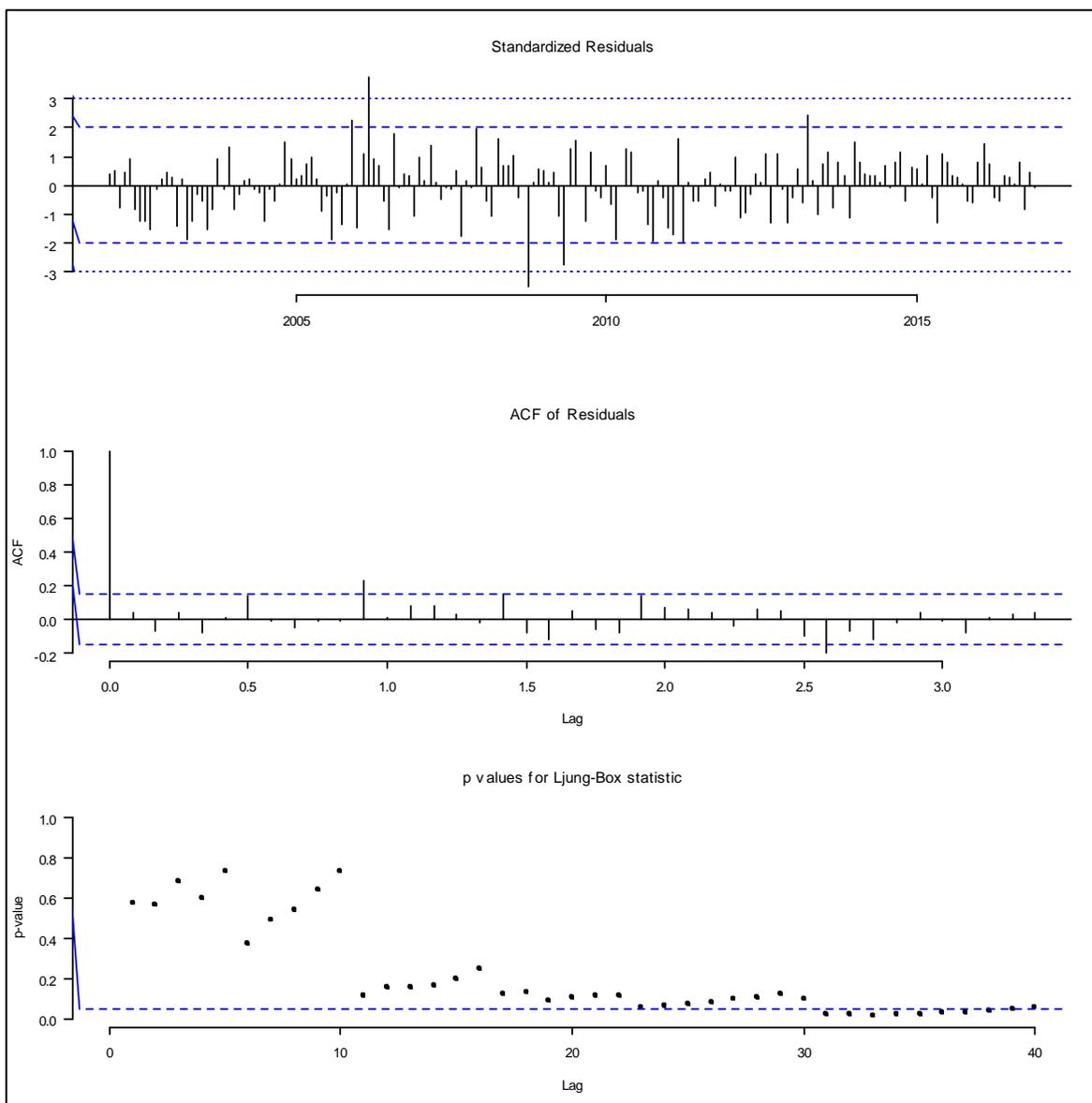
El análisis mediante un autoarima entrega como resultado un modelo SARIMA(1,1,0)(1,1,0)[12]. No obstante lo anterior, este modelo se encuentra diferenciado, contrario a lo que arroja la prueba de Dickey – Fuller. Además, según el test de Ljung – Box, el modelo no es significativo. Modelando la serie es posible encontrar modelos SARIMA sin diferenciar, los que son significativos y con mejores medidas de calidad relativa.

El mejor modelo encontrado corresponde a SARIMA(1,0,1)(2,0,1)[12] con efectos fijos, el que presenta un mayor ajuste al comportamiento de la serie de vacas, con una estacionalidad a 24 meses.

En el gráfico N°19 es posible observar que para el estadístico de Ljung – Box no hay un p-valor que rechace la hipótesis nula (H_0) hasta pasado el retardo 30, en donde estaría al límite del nivel de significancia. Esto ocurre dado que la serie es de memoria más larga que los modelos vistos anteriormente, por lo tanto, el modelo podría tener mayor estacionalidad.

Si bien es posible ajustar aún más el modelo de vaquillas, el hecho de obtener modelos SARIMA es suficiente para contrastar la hipótesis sobre el comportamiento más estacional que el de novillos.

Gráfico N°19. Correlograma serie logarítmica de vaquillas, SARIMA (1,0,1)(2,0,1)[12].



Fuente: Elaboración propia.

2.4 Estimación de los ciclos

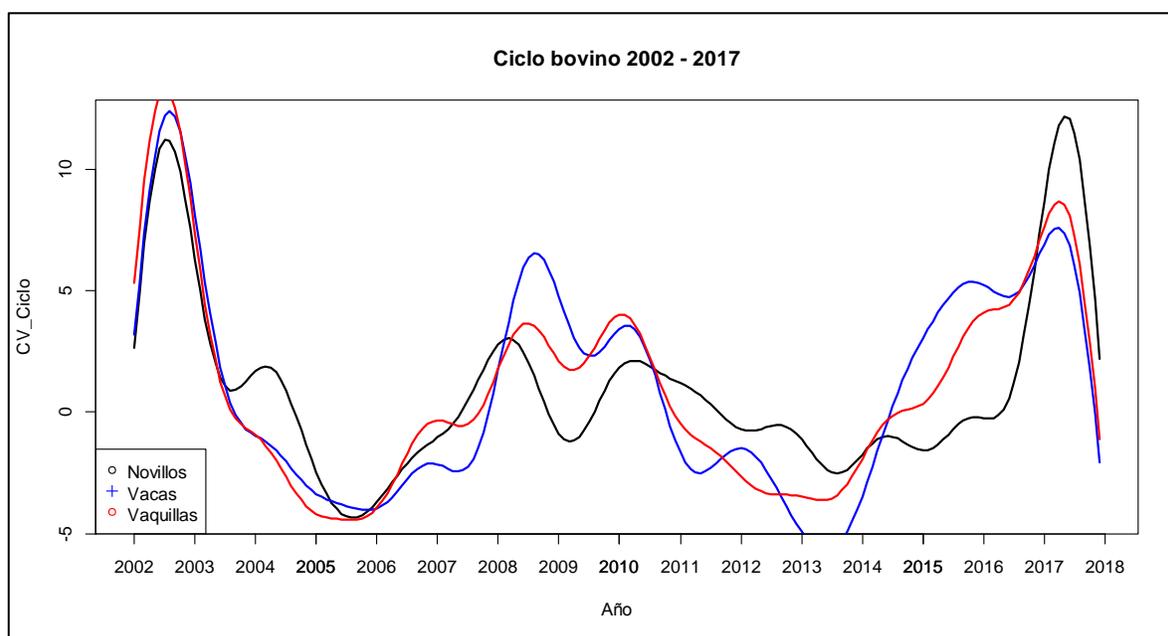
El comportamiento de la producción de ganado bovino está sujeto a una gran variedad de factores, que incluyen desde el factor biológico de la especie hasta factores económicos que obligan a los productores a hacer uso de sus inventarios y activos para mantenerse en el mercado en el corto y largo plazo.

Para obtener los datos de los ciclos para las categorías de estudio, es necesaria una estimación dado que estos no son directamente observables. Existen diversas técnicas para

filtrar, cuyo objetivo principal es descomponer una serie de tiempo en dos componentes claramente definidos, que son una tendencia (T) y un ciclo (C). En este estudio se utiliza una de las técnicas más usadas para la descomposición de series de tiempo: el filtro de Christiano & Fitzgerald ($Y_t = T_t + C_t$) que trabaja en el dominio de la frecuencia.

La construcción del gráfico N°20 se obtuvo con la técnica de filtrado mencionada, y las variaciones resultantes de cada categoría se dividieron por su media para obtener las tres series en la misma escala, de modo que pudieran ser comparables gráficamente, obteniendo así los coeficientes de variación de los ciclos para las tres categorías de estudio.

Gráfico N°20 Componentes cíclicos según Christiano & Fitzgerald, según las categorías de estudio, períodos 2002 al 2017.



Fuente: Elaboración propia.

Es posible visualizar en el gráfico que según estas estimaciones, tanto novillos como vacas y vaquillas tienen un comportamiento cíclico similar, sin embargo, es posible apreciar que la producción de vacas como de vaquillas es más volátil que la de novillos a excepción del período 2017 - 2018.

Según la estadística descriptiva de los componentes cíclicos estimados para cada categoría (tabla N°14), el ciclo de las vacas y vaquillas es un 17% y 11%, respectivamente, más volátil

que el total de sacrificios⁴, mientras el ciclo de los novillos es aproximadamente un 1% menos volátil que el ciclo total.

Los valores máximos y mínimos muestran una mayor volatilidad en vacas y vaquillas alcanzando cimas y valles más pronunciados que en novillos, que se acercaría más a una tendencia central. Así también, la desviación estándar muestra una mayor variabilidad para las vacas y vaquillas que para los novillos.

Tabla N°14. Estadística descriptiva por el filtro de Christiano & Fitzgerald.

Estadísticos	Ciclo novillos	Ciclo vacas	Ciclo vaquillas
Media	1,00	1,00	1,00
Mediana	0,11	-0,08	0,07
Máximo	12,19	12,40	13,41
Mínimo	-4,34	-5,74	-4,43
Desv. Est.	3,71	4,36	4,14
Desv. Relativa	0,99	1,17	1,11
Observaciones	192	192	192

Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos es posible encontrar la duración estimada de los ciclos por medio del peridograma, que es una herramienta utilizada para encontrar aquellas frecuencias que son más significativas para el ciclo.

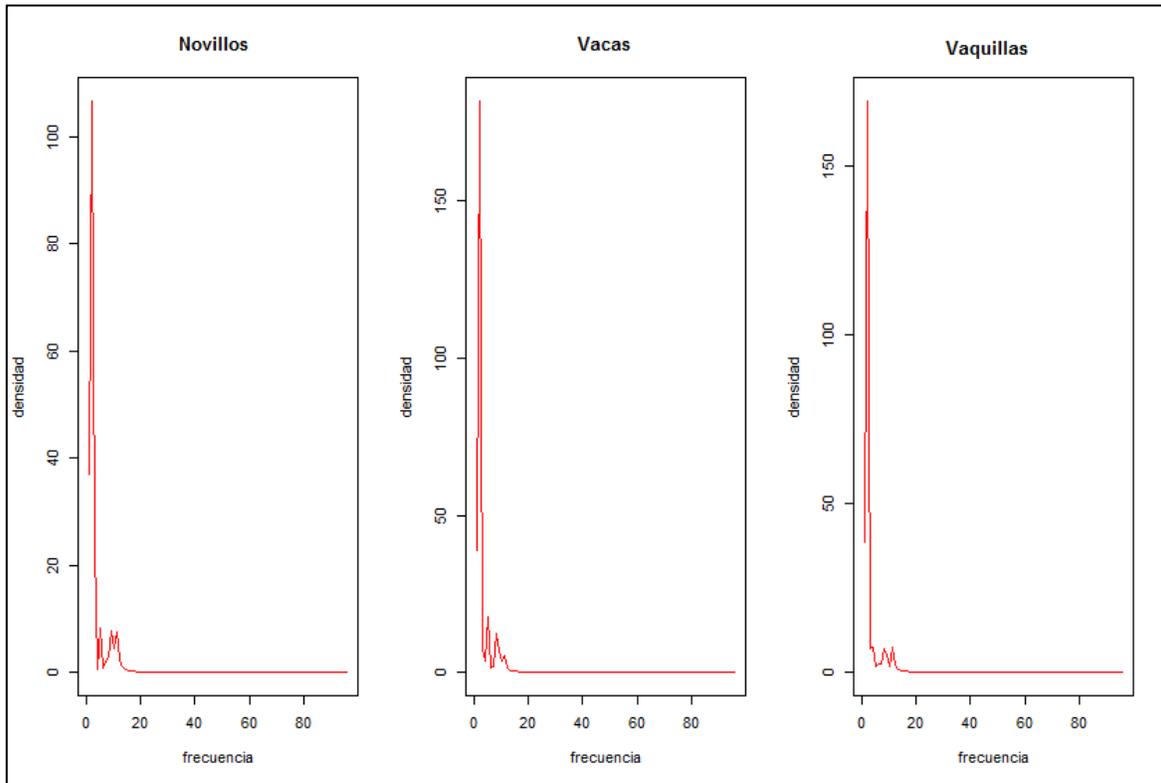
Los peridogramas realizados para cada categoría se encuentran en la misma unidad de medida para visualizar y comparar la frecuencia de la densidad de cada espectro, utilizando la misma base estimada para el ciclo por Christiano & Fitzgerald.

Según estas estimaciones, los picos más altos de los peridogramas para las tres categorías que se muestran en el gráfico N°21 se encuentran principalmente en un punto, que es la frecuencia 0,02. Esto corresponde a un ciclo de aproximadamente 4 años⁵. Además, se puede apreciar que la densidad del ciclo para vacas y vaquillas es mayor que la de novillos, corroborando los resultados expuestos.

⁴ Esta cifra se obtiene de la desviación relativa, la cual es la división de la desviación estándar de la variable y la desviación estándar del ciclo total.

⁵ El resultado de dividir 1 por el punto más significativo: 0,02 El resultado mostrará el número de meses y al dividir por 12 meses resulta la aproximación en años de cada ciclo.

Gráfico N°21. Peridogramas usando el método de Christiano & Fitzgerald para las tres categorías de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

III. Resultados y conclusiones

En el presente trabajo se logró identificar el ciclo ganadero utilizando la información de producción de carne en vara para las categorías de novillos, vacas y vaquillas, desde el 2002 al 2017, en la Encuesta de Mataderos de Ganado del Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

Los análisis empíricos-explotatorios realizados, así como la teoría recopilada, muestran las diferencias que existen entre las categorías de novillos, vacas y vaquillas desde el enfoque de su producción, así como en la toma de decisión de los productores.

El análisis descriptivo evidenció principalmente la estacionalidad de cada categoría en el año, logrando identificar para novillos un aumento del beneficio en los meses de verano, lo que se atribuye a la disponibilidad de forraje y al ciclo de pariciones de la especie, y en los meses de agosto y diciembre fechas donde el consumo de carne aumenta por celebraciones culturales de Fiestas Patrias, Navidad y Año Nuevo. Para la categoría vacas se observó un aumento de la producción en los meses de otoño e invierno, principalmente, período en el que hay una menor oferta de otras categorías, lo que se transforma en una oportunidad para los productores por el aumento relativo de los precios. Para el caso de vaquillas se refleja un aumento de la producción en los meses de verano y otoño, similar al comportamiento tanto de novillos como vacas, esto por el período de pariciones y dado que algunos también son tomadores de precio, los que se mantienen un tiempo más hasta que los precios mejoran.

Los modelos de series de tiempo ilustraron el comportamiento de cada categoría, mostrando procesos de memoria más larga para las categorías de vacas y vaquillas con estacionalidad en sus componentes autoregresivos a 24 pasos, es decir, estacionales cada 24 meses para vacas e incluso más para el caso de vaquillas. En el caso de las vaquillas, se explica por los incentivos para el beneficio entre otoño e invierno, abasteciendo el mercado interno cuando la oferta disminuye, y en diciembre - enero por celebraciones culturales y el inicio de pariciones que comienzan en primavera, proceso que se repite con una estacionalidad marcada en más de dos períodos consecutivos. Si bien la serie para la categoría vacas es de memoria larga, la diferencia con vaquillas puede ser explicada porque el beneficio no es el principal destino, ya que depende del precio de la leche y otros factores, tanto climáticos como económicos, que condicionan el beneficio de la categoría en determinados períodos de tiempo. En el caso de los novillos, se identificó una autocorrelación fuerte entre los meses de marzo, agosto y diciembre de cada año.

Finalmente, el suavizamiento de la serie de tiempo y la posterior descomposición del ciclo por el método de Christiano & Fitzgerald, identificó la duración estimada de los ciclos para

cada categoría en estudio, estimando una duración de cuatro años para cada una de ellas, mostrando también una mayor densidad para la frecuencia del ciclo de vacas y vaquillas con respecto al ciclo de los novillos, y corroborando la diferencia entre las categorías estudiadas.

Sería interesante en el futuro realizar estudios sobre la correlación de las series de beneficio de ganado en los períodos analizados con respecto a precios de la carne, consumo de productos sustitutos, aumento de exportaciones, incidencia de tratados de libre comercio u otra variable que busque identificar y explicar la oferta y demanda de carne bovina en el país.

IV. Glosario

- **Beneficio de ganado:** muerte de una res de abasto cuando ese ha destinado para el consumo humano.
- **Cabeza:** corresponde a la denominación de un animal. El tamaño de los rebaños se contabiliza en número de cabezas.
- **Canal, carcasa o carne en vara:** unidad primaria de la carne que corresponde al cuerpo de un animal tratado para el consumo humano. En el caso de los bovinos el animal debe ser insensibilizado, desangrado, descuerado, eviscerado, con la cabeza cortada a nivel de la articulación atlanto-occipital, sin órganos genitales externos y las extremidades cortadas a nivel de las articulaciones carpo-metacarpianas y tarso-metatarsianas. El canal solo podrá incluir cola, pilares y porción periférica del diafragma⁶. En los cerdos podrá presentar la cabeza, las patas y el cuero. En los ovinos y caprinos podrá presentar la cabeza, el corazón, el hígado y los riñones. En los equinos podrá presentar los riñones⁷.
- **Categorías:** conjunto de animales del mismo tipo, por sexo o destino, etapa o condición de desarrollo (edad).
- **Establecimiento de matadero de ganado:** establecimiento autorizado por el Ministerio de Salud (Minsal) para realizar la faena de animales destinados al consumo humano. Las principales especies (reses de abasto) beneficiadas son bovinos, ovinos, equinos (caballares, asnos y mulares) y caprinos.
- **Existencia:** corresponde al inventario (número) de animales.
- **Sacrificio de ganado:** muerte de una res de abasto que ha sido declarada, por el médico veterinario inspector oficial, no apta para el consumo humano.

⁶ Norma Chilena Oficial Of 1306. Canales de bovino - Definiciones y tipificación.

⁷ Gobierno de Chile. Ministerio de Salud. Norma general técnica sobre inspección médico veterinaria de las reses de abasto y de sus carnes y criterios para la calificación de aptitud para el consumo humano.

V. Bibliografía

- Biblioteca del Congreso Nacional. (25 de 06 de 2006). leychile. Obtenido de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=230113>
- Cartier, E. (2015). *Ciclo productivo de la vaca lechera*.
- Ceballos Garrido, Paulina Andrea. (2014). *Transmisión de precios en el mercado de la carne en Chile*. Chillán. Tesis para optar al grado de magíster en dirección de empresas.
- Cordeu, José Luis. (2002). *La ganadería en Chile y sus perspectivas*. FAO.
- Instituto Nacional de Estadísticas. (4 de Mayo de 2018). *INE*. Obtenido del Instituto Nacional de Estadísticas - Estadísticas Agropecuarias: <https://www.ine.cl/estadisticas/economicas/estad%C3%ADsticas-agropecuarias?categoria=Estad%C3%ADsticas%20Pecuarias>
- Instituto Nacional de Normalización. (s.f.). *veterinaria udec*. Obtenido de Norma Chilena oficial Of 1306: http://www.veterinariaudec.cl/fgonzal/norma_1306.htm
- ODEPA. (2006). *Odepa.cl*. Obtenido de <http://www.odepa.cl/articulo/situacion-actual-y-perspectivas-para-2006-en-la-produccion-de-carnes-2/>
- ODEPA. (2007). *Caracterización de la demanda de carne bovina y evaluación de bienes sustitutos*. Santiago.
- SAG. (2004). *Características de la faena de ganado bovino en mataderos de Chile*. Santiago: Boletín veterinario informativo.
- Verdugo Vásquez, Cristóbal. (2004). *Caracterización del flujo de ganado bovino en Chile*. SAG. Médico veterinario.
- Servicio Agrícola Ganadero. (06 de 2006). SAG. Obtenido de Boletín Veterinario Oficial: https://www2.sag.gob.cl/pecuaria/bvo/bvo_7_ii_semestre_2006/articulos/mataderos_pais.pdf
- Verdugo, C. (10 de 2004). Servicio Agrícola Ganadero. Obtenido de http://www.sag.gob.cl/sites/default/files/INFORME_FINAL_CHARACTERIZACION_FLUJO_BOVINOS_2004.PDF

Villavicencio, J. (s.f.). Estadísticas gobierno pr. Obtenido de http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/LinkClick.aspx?fileticket=4_BxecUaZmg%3D