



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA BARILOCHE - INTA

**"Efecto del clima y atributos de la vegetación
como factores de control de la producción ovina
en Patagonia Norte"**

Daniel Alejandro Castillo

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN
PRODUCCIÓN DE RUMIANTES MENORES**

Director: Ing. Agr. PhD. Edgar Sebastián Villagra

Co-Director: Ing. Agr. PhD. Juan José Gaitán

2019

"Efecto del clima y atributos de la vegetación como factores de control de la producción
ovina en Patagonia Norte"

Daniel Alejandro Castillo

Ingeniero Agrónomo – Universidad de Buenos Aires

Esta Tesis es presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Magister en Producción de Rumiantes Menores, maestría interinstitucional de la Universidad Nacional del Comahue, Universidad Nacional de Rosario y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, y no ha sido previamente presentada para la obtención de otro título en éstas u otras Universidades. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en INTA Bariloche, durante el período comprendido entre 2013 y 2017, bajo la dirección de Villagra Sebastián y Gaitán Juan.

Nombre y firma del Maestrando: Daniel Alejandro Castillo

Nombre y firma del Director: Edgar Sebastian Villagra

Nombre y firma del Co – Director: Juan José Gaitán

Defendida: 20 de mayo de 2019

Agradecimientos:

Al INTA en general y a la Estación Experimental Agropecuaria Bariloche en particular por la oportunidad de crecimiento constante, como profesional y como persona.

A mi Director, Dr. Villagra Sebastián, por brindarme la visión sistémica de los procesos productivos, pero sobre todo por su constante apoyo y confianza en mí.

A mi Co-director, Dr. Gaitán Juan, por su apoyo en todo el proceso de la tesis y por ayudarme a darle una mirada innovadora al estudio.

A la Dra. Priscila Willems, por el cariñoso acompañamiento que nos dio a todos los alumnos de la cohorte 2015 de esta Maestría. Por sus inestimables comentarios acerca de la tesis y su valiosa ayuda en el análisis estadístico de los datos.

A mis compañeros de INTA Bariloche, Pacha Giraud, Rocío Alvarez, Marcos Subiabre, Julio Ojeda, Macarena Bruno-Galarraga, Agustín Martínez, Clara Fariña, Karina Cancino, Guillermo Siffredi, Pablo Gaspero, Edgar Garetto, Virginia Velasco, Cecilia Conterno, Marianela Vigna, Chalo Peralta, Emilio Bianchi, Marcos Quilaleo, Franca Bidinost, Laura Villar, Humberto Moraga y Cristian Reven. Si bien algunos se jubilaron o ya no forman parte de la institución, todos participaron de la colecta de datos bajo el proyecto PRET Secano de Río Negro. Muchas gracias por su ayuda y por permitirme trabajar con la información recolectada por todos.

A mis compañeros de maestría, Ezequiel Gonzalez, Julia Maurino, Daniela Raguileo, Juan Pablo Alberguini, Alicia Córdoba, Esteban Jockers, por su compañerismo y apoyo durante toda la cursada.

A todos los profesores de la maestría, por su dedicación y profesionalismo.

A la Universidad Nacional del Comahue y la Universidad Nacional de Rosario, por su apoyo a la maestría.

Y un especial agradecimiento a todos los productores de la región sur de Río Negro que participaron del proyecto PRET, por su buena predisposición al trabajo en sus campos y con sus animales. ¡A ellos muchas gracias!

Dedicado a Sheila, por su amor, y a la memoria de mi padre

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. Introducción general	14
1.1 Introducción general	15
1.2 La importancia del clima en la producción ganadera.....	16
1.2.1 El problema de utilizar la precipitación como predictor de la producción ganadera	17
1.3 La importancia de la vegetación en la producción ganadera.....	17
1.4. IVN como proxy de la PPNA	18
1.5 Algunos intentos de relacionar el clima, la vegetación y la producción ganadera...	20
1.6 La Señalada como indicador del éxito productivo	21
1.7 Variables a utilizar en la tesis.....	22
1.8 Importancia y aportes de la investigación	22
1.9 Área de estudio: Sudoeste de la Provincia de Río Negro, Patagonia Argentina.....	23
1.9.1. Características generales.....	23
1.9.2 El uso ganadero en la Patagonia extra-andina de Río Negro.....	25
1.10. Objetivos y organización de la tesis	26
CAPÍTULO 2. Estudio del comportamiento del peso corporal, de la condición corporal y la distribución etaria de las majadas ovinas en patagonia norte	28
2.1. Introducción	29
2.2. Materiales y métodos.....	31
2.2.1. Área de estudio.....	31
2.2.2. Variables estudiadas.....	32
2.2.3. Análisis de los datos	33
2.3. Resultados.....	34
2.3.1. Estructura de las majadas.....	34

2.3.2. Estudio del peso corporal (PC).....	35
2.3.2.1. Peso corporal en Dientes de leche	36
2.3.2.2. Peso corporal en Corderas, Borregas, Adultas y Viejas	36
2.3.3. Estudio de la Condición Corporal (CC).....	40
2.4 Discusión y conclusiones	44
2.4.1. Estructura de las majadas.....	44
2.4.2. Peso corporal y Condición corporal de la majada.....	45
2.4.3 Conclusiones	47
 CAPÍTULO 3. Efectos directos e indirectos del clima y la vegetación como factores de control de la producción ovina en patagonia norte	 50
3.1 Introducción	51
3.2 Materiales y métodos.....	54
3.2.1. Área de estudio.....	54
3.2.2. Datos climáticos.....	54
3.2.3. Datos de índices de vegetación	55
3.2.4. Porcentaje de mallines.....	56
3.2.5. Datos del Peso corporal y Señalada	56
3.2.6. Análisis estadístico.....	56
3.3. Resultados.....	57
3.3.1. Relación del clima y el porcentaje de mallines con el IVN.....	57
3.3.2. Efectos directos, indirectos y totales del clima y la vegetación sobre el PC Preservicio y la Señalada.....	58
3.4. Discusión y conclusiones.....	59
3.4.1. Efectos del clima y el porcentaje de mallines con el IVN.....	59
3.4.2. Efectos del clima y el IVN sobre el PC Preservicio.....	61

3.4.3. Efectos del clima y el PC Preservicio sobre la Señalada.....	62
3.4.4. Conclusiones	63
CAPÍTULO 4. Discusión general y conclusiones.....	64
4.1 Estudio del comportamiento del peso y la condición corporal e implicancias tecnológicas.....	64
4.2 Importancia relativa del clima y la vegetación como factores de control de la producción ovina. Implicancias tecnológicas.....	65
4.3 Efectos del cambio climático global sobre Patagonia norte e implicancias para el manejo.....	67
4.4 Implicancias para el monitoreo	68
4.5 Conclusiones generales.....	69
4.5.1 Estudios a futuro	69
Bibliografía	71
Anexo 2.1	84
Anexo 2.2	88
Anexo 3.1	91

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación de los establecimientos ganaderos de estudio	26
Tabla 2.1 Interpretación práctica de la condición corporal al servicio y al parto. Tomado de Villar L. y Zimerman M. (2010)	30
Tabla 2.2. Características generales del sistema de producción de los distintos establecimientos. O: Ovino; C: Caprino; B: Bovino	32
Figura 2.1. Proporción de las categorías Corderas, Borregas, Adultas y Viejas en distintos momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y temporadas (2013, 2014 y 2015). Las líneas verticales sobre las barras indican el error estándar	35
Figura 2.2. Peso corporal promedio ajustado por el modelo para Diente de leche (Machos y Hembras) en las temporadas 2013 (T2013), 2014 (T2014) y 2015 (T2015)	36
Figura 2.3. Peso corporal promedio ajustado por el modelo y error estándar (E.E.) de las categorías a: Corderas, b: Borregas, c: Adultas y d: Viejas en distintos momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y temporadas (2013, 2014 Corderas y Borregas y 2013, 2014, 2015 Adultas y Viejas)	39
Tabla 2.3. Resumen mostrando las diferencias significativas de la variable peso corporal entre los Momentos para las diferentes Categorías (Corderas, Borregas, Adultas y Viejas) y Temporadas. PS: Preservicio; PP: Preparto; SE: Señalada. NS: Sin diferencias significativas. Nivel de significación: 0.05. SD: sin datos. En verde el tipo de comportamiento n°1: PC a la Señalada es mayor que al Preservicio y al Preparto y donde no se visualizan diferencias o estas son muy pocas entre los dos últimos momentos mencionados y en Amarillo el tipo de comportamiento n°2: PC al Preservicio es mayor que al Preparto y a la Señalada y no se visualizan diferencias significativas entre los últimos dos períodos	40
Figura 2.4. Condición corporal promedio ajustado por el modelo y error estándar (E.E.) de las categorías a: Corderas, b: Borregas, c: Adultas y d: Viejas en distintos momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y temporadas (2013, 2014 Corderas y Borregas y 2013, 2014, 2015 Adultas y Viejas)	43
Tabla 2.4. Resumen mostrando las diferencias significativas de la variable Condición Corporal (CC) entre los Momentos para las diferentes Categorías (Corderas, Borregas, Adultas y Viejas) y Temporadas. PS: Preservicio; PP: Preparto; SE: Señalada. NS: Sin diferencias significativas ($p>0,05$). SD: sin datos. En verde el tipo de comportamiento n°1: CC a la Señalada es mayor que al Preservicio y el Preparto, y la CC Preservicio es mayor que al Preparto. En Amarillo el tipo de comportamiento n°2: CC al Preservicio y el Preparto es mayor o igual que la Señalada y	

donde no se observan diferencias entre los primeros dos. En Rosa el tipo de comportamiento n°3: CC al Preservicio es mayor que el Preparto y no se observan diferencias entre el Preservicio y la Señalada ni entre este último y el Preparto44

Figura 3.1. Modelo conceptual a priori que representa el camino por el cual las variables climáticas y la productividad primaria pueden influir directa o indirectamente sobre atributos de la productividad secundaria. Las flechas indican una hipotética relación causal de una variable sobre otra. Los números sobre las flechas indican algunos trabajos que soportan nuestras relaciones hipotéticas. T°: Temperatura. Ppt.: precipitación. PPNA: Productividad primaria neta aérea. Mallín: porcentaje de la superficie del establecimiento ocupada por mallines. 1: Villagra, 2005; 2: Hall y Paruelo, 2006; 3: Coronato, 1999; 4: Jobbágy *et al.*, 2002; 5: Gaitán *et al.*, 2014; 6: Olaechea *et al.*, 1981; 7: Bellati y von Thüngen, 1988; 8: Irazoqui, 1981; 9: Texeira *et al.*, 2012; 10: Pettorelli *et al.*, 2005 a,b; 11: Coté y Festa-Bianchet, 2001; 12: Langvatn *et al.*, 1996; 13: Ayesa *et al.*, 1999; 14: Jouve, 2003; 15: Buono *et al.*, 2010; 16: Giraudo y Villar, 2010; 17: Cueto, 2015; 18: Kelly, 199252

Figura 3.2. Mapa de la distribución de estaciones meteorológicas a partir de las cuales se realizaron las estimaciones mensuales de precipitación para cada establecimiento. A modo de ejemplo, la figura muestra el mapa obtenido con el método de interpolación Ordinary Kriging para el mes de abril 201255

Figura 3.3. Modelo de ecuaciones estructurales por pasos. Las flechas indican una influencia causal hipotetizada de una variable sobre otra. Los números sobre las flechas indican el peso de las regresiones estandarizadas y su p-valor. El ancho de las flechas es proporcional al peso de las regresiones. Flechas negras indican relaciones positivas y significativas y flechas rojas relaciones negativas y significativas. El R² sobre las variables respuesta indica la proporción de varianza explicada. La flecha celeste indica los meses del año. PPT M-J-J-A-S: Precipitación acumulada de mayo-septiembre; IVN D-E-F: índice de vegetación normalizado promedio de diciembre año n a febrero año n+1; TMAX E1: Temperatura máxima media de enero del año n+1; Mallín: porcentaje de la superficie del establecimiento ocupada por mallines; PC_PS: Peso Corporal promedio de las ovejas cuatro dientes a medio diente en el momento del Preservicio; Señalada: porcentaje de corderos vivos terminada la parición/madres que entraron al servicio; TMAX N1: Temperatura máxima media de noviembre del año n+1. C (estadístico C de Fisher) = 14,71, P = 0,55. *P < 0.05; **P < 0.01; ***P < 0.00157

Figura 3.4. Efectos estandarizados directos (blanco), indirectos (gris), y totales (negro) de la precipitación acumulada de mayo-septiembre (PPT), Temperatura máxima media de enero del año n+1 (TMAX E1), Temperatura máxima media de noviembre del año n+1 (TMAX N1), porcentaje de mallín de cada establecimiento (MALLIN), índice de vegetación normalizado promedio de diciembre año n a febrero año n+1 (IVN), Peso Corporal Preservicio (PC_PS) sobre a) IVN diciembre-febrero b) Peso Corporal al Preservicio y c) % de Señalada.....58

Abreviaturas

CC: Condición Corporal

EUR: Eficiencia en el uso de la radiación

fRFAA: fracción de la radiación interceptada por los tejidos verdes

IVN D-E-F: índice de vegetación normalizado promedio de diciembre año n a febrero año n+1

IVN: Índice de vegetación normalizado

MOD11A2: Imagen MODIS temperatura de la superficie terrestre.

MOD13Q1: Imagen MODIS índice de vegetación normalizado

PC: Peso Corporal

PC_PS: Peso Corporal promedio de las ovejas adultas en el momento del Preservicio

PP: Preparto

PPNA: Productividad primaria neta aérea

PPT: Precipitación

PRET: Proyectos Regionales con Enfoque Territorial

PS: Preservicio

RFA. Radiación fotosintéticamente activa incidente

SE: Señalada

SEM: Modelos de Ecuaciones Estructurales

T°: Temperatura

TMAX E1: Temperatura máxima promedio de enero del año n+1

TMAX N1: Temperatura máxima de noviembre del año n+1

Título: Efecto del clima y atributos de la vegetación como factores de control de la producción ovina en Patagonia Norte

Resumen: Aproximadamente el 75% del territorio de Argentina corresponde a tierras áridas y semiáridas. De ellas, una tercera parte se halla en la región patagónica, donde la principal actividad agropecuaria es la ganadería extensiva, siendo el ovino la especie dominante. La producción de corderos es de fundamental importancia para la sustentabilidad de los sistemas ganaderos patagónicos, dado que de ello depende la reposición de ovejas y carneros. Además, la venta de los corderos excedentes es potencialmente una de las principales fuentes de ingreso que permitiría diversificar los sistemas de producción orientados principalmente a la producción y venta de lana. Sin embargo, la supervivencia de los corderos y su crecimiento está limitada por varios factores. Entre los más importantes se encuentran el bajo estado nutricional de las ovejas madres en el último tercio de gestación, las condiciones ambientales al momento del parto, la depredación y la falta de manejo que se traducen en bajos porcentajes de Señalada y de animales no aptos para venta. En Patagonia, las variables climáticas, como la precipitación y la temperatura, tienen efectos directos e indirectos sobre la supervivencia de los corderos. Los efectos directos están dados, principalmente, en las primeras horas de nacidos e influyen en la posterior tasa de ganancia de peso diaria. Por otro lado, el clima tiene efectos indirectos al afectar la Productividad Primaria Neta Área (PPNA), la disponibilidad de forraje, y por ende, el estado corporal de las madres. El objetivo general de esta tesis es aumentar el conocimiento en las relaciones del clima y la vegetación con la producción ovina. El estudio se realizó sobre 23 establecimientos agropecuarios del centro-sur y oeste de la provincia de Río Negro. Los principales resultados de esta tesis son: Se pudo observar una mala distribución etaria de las majadas ovinas, con bajo porcentaje de Borregas, alta presencia de ovejas Viejas y una clara reposición por pulso de Corderas. El peso corporal (PC) y la condición corporal (CC), presentaron dos y tres tipos de comportamientos similares entre categorías, asociados con las temporadas. En el primero, el valor promedio del PC o la CC a la Señalada fue mayor que al Preservicio y al Preparto y no se visualizaron diferencias entre los dos últimos momentos mencionados (PC y CC en la temporada 2014). En el segundo, el PC o la CC al Preservicio fue mayor al Preparto y a la Señalada y no se visualizaron diferencias entre los últimos dos (PC en la temporada 2013 y 2015; CC en la temporada 2015). Y en el tercero, la CC al Preservicio es mayor que al Preparto y no se observaron diferencias entre el Preservicio y la Señalada ni entre este último y el Preparto (CC en la temporada 2013). El clima (precipitación y temperatura) y la estructura de la vegetación (% mallines) influenciaron el Índice de vegetación normalizado (IVN) de primavera-verano, explicando el 72% de su variación. La

precipitación acumulada de fin de otoño e invierno tuvo un efecto directo y positivo en el IVN de fin de primavera y verano. La temperatura máxima promedio de enero tuvo un importante efecto directo y negativo sobre el IVN de fin de primavera y verano. El porcentaje de mallines de los establecimientos presentó un efecto directo y positivo sobre el IVN de fin de primavera y verano. El clima y la vegetación explicaron el 55% de la variación en el PC Preservicio de las ovejas madres. La precipitación acumulada de fin de otoño e invierno presentó la relación más fuerte (directa y positiva) de todas las variables con el PC Preservicio. El IVN de fin de primavera y verano presentó una relación (directa y positiva) de valor similar a la precipitación de fin de otoño e invierno. El clima y el PC Preservicio explicaron el 52% de la variación en la Señalada.

Palabras clave: Clima, índice de vegetación normalizado (IVN), peso corporal, condición corporal, Patagonia Norte.

Title: Effect of climate and attributes of vegetation as control factors of sheep production in Northern Patagonia

Abstract: Approximately 75% of Argentina corresponds to arid and semi-arid lands. A third part of them are found in the Patagonian region, where sheep production is the main extensive agricultural activity. In Patagonia, climate through precipitation and temperature has direct effects on the survival of lambs and indirect effects on the influence of the Aboveground Net Primary Productivity (ANPP), the availability of forage, and therefore, sheep performance. The general objective of this thesis is to increase knowledge in climate and vegetation relationships with sheep production. The study was carried out in 23 agricultural establishments. The main results of this thesis are: body weight (BW) and body condition (BC) presented three types of behavior depending on animal categories and associated with the season. Climate (precipitation and temperature) and structure of the vegetation (% of meadows) influenced the spring-summer normalized difference vegetation index (NDVI) and explained 72% of its variation. Climate and vegetation explained 55% of the variation of the ewe's BW prior to mating. Climate and "Before mating" BW explained 52% of the variation of "marking of lambs" rate.

Keywords: Climate, normalized difference vegetation index (NDVI), body weight, body condition, Northern Patagonia.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Introducción general

Las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas-secas cubren aproximadamente el 41% de la superficie de la Tierra y son el hogar de más del 38% de la población mundial. Debido a las restricciones climáticas, sólo el 25% de las tierras secas del mundo se dedican a la agricultura, mientras que el 65% son utilizadas para el pastoreo de ganado doméstico (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Estas tierras son de gran importancia para la ganadería ya que representan el 78% de la superficie mundial dedicada al pastoreo (Asner *et al.*, 2004), soportando más del 50% del ganado doméstico del mundo (Puigdefabregas, 1998).

Aproximadamente el 75% del territorio de Argentina corresponde al tipo de zonas secas. De ellas, una tercera parte se halla en la región patagónica, donde la principal actividad es la ganadería extensiva, siendo el ovino la especie dominante (Villagra *et al.*, 2013). Esta actividad económica se lleva a cabo casi exclusivamente sobre pastizales naturales (Soriano, 1983; Soriano, 1992; Golluscio *et al.*, 1998a). Las majadas de ovejas en la Patagonia, pastorean sobre grandes extensiones de pastizales naturales durante todo el año y las poblaciones se mantienen a través de la reposición interna de ovejas y carneros. Históricamente, las cargas ganaderas ovinas variaron entre 0,2 ovejas.ha⁻¹ y 2,4 ovejas.ha⁻¹, dependiendo de factores como la cantidad de precipitación y la proporción de mallines del establecimiento (Golluscio *et al.*, 1998a; Hall y Paruelo, 2006).

La producción de corderos es de fundamental importancia para la sustentabilidad de los sistemas ganaderos patagónicos, dado que de ello depende la reposición de ovejas y carneros. Además, la venta de los corderos excedentes es potencialmente una de las principales fuentes de ingreso que permitiría diversificar los sistemas de producción orientados principalmente a la producción y venta de lana (Giraudó *et al.*, 2002; Villagra, 2002; Villagra *et al.*, 2015). Sin embargo, la supervivencia de los corderos y su crecimiento está limitada por varios factores. Entre los más importantes se encuentran el estado nutricional de las ovejas madres en el último tercio de gestación, las condiciones ambientales al momento del parto, y la depredación que se traducen en bajos porcentajes de Señalada y de animales no aptos para venta (Giraudó *et al.*, 2002; Villagra, 2002; Villagra y Giraudó, 2010).

El objetivo general de esta tesis es analizar el efecto del clima y atributos de la vegetación como factores de control de la producción ovina. En este capítulo se establecerá el contexto general de la tesis, describiendo características conceptuales del sistema de producción ovino, y antecedentes de estudios previos que explican relaciones importantes entre el clima, la vegetación y la producción ganadera. Se describirán los problemas centrales que

esta tesis pretende contribuir a resolver y los aportes esperados. Finalmente se presentará la estructura de la tesis con los objetivos específicos a abordar en cada capítulo.

1.2 La importancia del clima en la producción ganadera

En Patagonia, las variables climáticas, como la precipitación y la temperatura, tienen efectos directos e indirectos sobre la supervivencia de los corderos. Los efectos directos están dados, principalmente, en las primeras horas de nacidos y su posterior tasa de ganancia de peso diaria (Coronato, 1999). De hecho, Olaechea *et al.* (1981) como Bellati y von Thüngen (1988) documentaron los efectos negativos de las condiciones climáticas extremas como causantes de una parte de la mortalidad perinatal de corderos en la región. Los partos se producen generalmente entre los meses de septiembre y noviembre, una época del año donde las temperaturas todavía son bajas, y existen probabilidades de lluvia, nieve y heladas. Estos factores climáticos, junto a los vientos comunes en la región (Paruelo *et al.*, 1998) caracterizan un ambiente hostil para la supervivencia de los corderos (Irazoqui, 1981; Coronato, 1999), y más aún si estos presentan bajos pesos al nacimiento (Irazoqui, 1981; Eales *et al.*, 1983). Por otro lado, el clima tiene efectos indirectos al afectar la Productividad Primaria Neta Área (PPNA), la disponibilidad de forraje (Jobbágy *et al.*, 2002; Gaitán *et al.*, 2014), y, por ende, la Condición Corporal (CC) de las madres. En las zonas áridas y semiáridas, donde la disponibilidad de agua es el principal factor que limita la PPNA (Noy Meir, 1973), varios estudios han mostrado que una gran proporción de la variación de ésta se puede explicar por su relación positiva con la precipitación media anual (Sala *et al.*, 1988; Paruelo *et al.*, 1999; Bai *et al.*, 2008). También se ha demostrado la importancia que tiene la temperatura sobre el crecimiento de la vegetación en la región (Gaitán *et al.*, 2014). Temperaturas más altas que la media anual se relacionan con un inicio más temprano de la temporada de crecimiento. Es decir, que mayor precipitación y mayores temperaturas al comienzo de la época de crecimiento proporcionan una mayor disponibilidad de forraje en un momento clave del ciclo productivo como el último tercio de la gestación (Jobbágy *et al.*, 2002). Por otro lado, si bien un adelanto del inicio de la estación de crecimiento de la vegetación podría tener un efecto positivo sobre el estado nutricional de la oveja preñada, también podría anticipar el final de la temporada de crecimiento de la vegetación, y como consecuencia disminuir la calidad de forraje durante la lactancia (Jobbágy *et al.*, 2002; Texeira *et al.*, 2012).

1.2.1 El problema de utilizar la precipitación como predictor de la producción ganadera

La precipitación anual ha mostrado una fuerte correlación positiva con la producción animal a escala regional, como en algunos pastizales naturales de África (Fritz y Duncan, 1994) y de Sudamérica (Oesterheld *et al.*, 1992). Sin embargo, el problema que se presenta al utilizar la precipitación como un predictor de la producción animal es que sus registros son espacialmente escasos, y cuando se necesita hacer una predicción a una escala de mayor detalle, como de establecimientos individuales, cuadros o potreros, se corre el riesgo de caer en una sobre o sub estimación de la precipitación para ese sitio en particular. En este caso, los sensores remotos satelitales presentan una resolución espacial superior a los registros de precipitación anual disponible y podrían ser más sensibles en la detección de variaciones en el paisaje, en la disponibilidad de agua y productividad primaria (Oestreheld *et al.*, 1998). Por lo tanto, la búsqueda de relaciones empíricas entre parámetros de producción secundaria y variables relacionadas a la PPNA, derivadas de sensores remotos podría mejorar la predicción de la producción ganadera en regiones como la Patagonia (Posse y Cingolani, 2004).

1.3 La importancia de la vegetación en la producción ganadera

La PPNA es un atributo clave de los pastizales, dado que es el principal determinante de la disponibilidad de forraje y, en consecuencia, de la capacidad de carga de ganado (McNaughton *et al.*, 1989; Vitousek *et al.*, 1986). La comprensión de los patrones y controles de la PPNA a través del espacio y del tiempo es particularmente relevante en una región como Patagonia. Por lo tanto, detectar los cambios espacio-temporales en la disponibilidad de forraje es un paso importante hacia un uso eficiente y sostenible del pastizal (Hodgkinson, 1992; Jobbagy *et al.*, 2002).

La Patagonia extra-andina está dominada por estepas gramíneas, arbustivas, y semidesiertos (Cabrera, 1976; Paruelo *et al.*, 1998). Paruelo *et al.* (1998), estimaron la PPNA entre 900 y 600 kg.ha⁻¹.año⁻¹ para estepas gramíneas de Precordillera y alrededor de 390 kg.ha⁻¹.año⁻¹ para semidesiertos de Monte.

La redistribución del agua por las líneas de drenaje de relieves convexos, como de colinas y mesetas, hacia otros cóncavos como los valles, favorece al desarrollo de tipos azonales de suelos y de comunidades de plantas, del tipo praderas húmedas llamadas localmente mallines (Marcolin *et al.*, 1978). Estos mallines ocupan entre el 1,5 y el 2,0% de la superficie de la región y hasta el 8% en algunas áreas (Paruelo *et al.*, 1998; Mazzoni y Vazquez, 2000; Bran *et al.*, 2004; Gaitán *et al.*, 2010). Su PPNA es 10-20 veces mayor que en las

estepas circundantes (Bonvissuto y Somlo, 1997; Ayesa *et al.*, 1999), y a pesar de la baja superficie que ocupan respecto a la región en que se encuentran aportan entre el 40 y 50% del forraje disponible (López *et al.*, 2004). La heterogeneidad de estos ecosistemas permitió dividirlos en clases según su productividad forrajera, donde la clase más alta produce 5000-7000 kg.ha⁻¹.año⁻¹ y la más baja 200-500 kg.ha⁻¹.año⁻¹ (López *et al.*, 2005).

La composición de la estructura ganadera de los establecimientos presenta una asociación con la disponibilidad de mallines y su productividad. La presencia de bovinos se encuentra asociada a la mayor disponibilidad de mallines altamente productivos, los caprinos y equinos se ven asociados principalmente a establecimientos con mallines de menor productividad y, por último, los ovinos se vinculan a situaciones intermedias (Easdale y Gaitan 2010). Por otro lado, la forma en que estos ambientes son utilizados por los ovinos varía a lo largo del año. Mientras que, en los meses más cálidos del año, las ovejas seleccionan el forraje en función de la cantidad y la calidad, en los meses más fríos se produce una compensación donde las ovejas priorizan el bienestar (temperaturas más cómodas) sobre el consumo diario de forraje (Siffredi *et al.*, 2011).

Golluscio *et al.* (1998a), relacionaron la densidad de stock ovino histórico promedio en función del porcentaje de mallines de los cuadros en tres estancias al norte de la Patagonia (Estancia San Ramón, Estancia Pilcañeu y Estancia Alicura). Estos autores, encontraron una relación lineal y positiva entre la densidad de stock y el porcentaje de mallines, resaltando la importancia de estos ambientes para los ovinos, debido a que son lugares altamente preferidos por éstos como proveedores de agua y forraje. Por último, rescatan la necesidad de cuidar estas zonas de gran PPNA debido a que son muy importantes en la capacidad de carga de los cuadros.

En cuanto a la relación entre la superficie de los mallines y algunos indicadores de la producción ovina, Villagra (2005) encontró, correlaciones positivas y significativas entre el porcentaje de mallines y la condición corporal de las ovejas al parto, así como también, con la tasa de crecimiento de los corderos hasta el destete. De la misma manera encontró, para la zona de estudio de esta tesis, una correlación positiva entre la producción de forraje por hectárea y el porcentaje de Señalada, el peso corporal de las ovejas y la producción de lana por oveja.

1.4. IVN como proxy de la PPNA

La PPNA es la cantidad de biomasa producida en un período determinado. Si bien hay diversos métodos para estimar la PPNA (Fletcher y Robinson, 1956; Teare *et al.*, 1966; Jagtenburg, 1970; Singh *et al.*, 1975; Tohill *et al.*, 1978; Siffredi y Becker 1998; Siffredi *et*

al., 2005a; Siffredi *et al.*, 2005b) estos pueden agruparse en destructivos, los cuales realizan cortes de biomasa, y no destructivos, donde la estimación de productividad se realiza de manera indirecta. La cosecha de biomasa a través de cortes es la forma más común para estimar PPNA en los pastizales (Singh *et al.*, 1975; Lauenroth *et al.*, 1986), pero esto lleva un gran esfuerzo y solo hace referencia a una escala espacial limitada. Debido a lo anterior, se ve reducida tanto la resolución temporal como la extensión espacial (Jobbágy, 2002). Las mediciones radiométricas son una opción rápida y no destructiva para la evaluación de la PPNA (Tucker, 1980; Gamon *et al.*, 1995). Además, presentan la ventaja de una gran cobertura espacial y una alta resolución temporal (Jobbágy, 2002).

El Índice de Vegetación Normalizado (IVN) es un índice espectral, derivado de imágenes satelitales, utilizado para estimar la presencia y condición de la vegetación (Baret y Guyot, 1991; Ridao *et al.*, 1998; Fensholt *et al.*, 2004). Este, es un indicador derivado de la reflectancia entre las bandas del Rojo (R) e infrarrojo cercano (IR): $IVN = (IR - R) / (IR + R)$ (Rouse *et al.*, 1973). La vegetación absorbe de manera diferente estas dos bandas, y el IVN da una idea del verdor de la vegetación que está relacionada con la producción primaria (Oesterheld *et al.*, 1998). Este índice varía entre +1 y -1, donde valores cercanos a +1 están asociados a una vegetación densa, sana y bien desarrollada, valores negativos son relativos a fuentes de agua y valores positivos, cercanos a 0, corresponden a un suelo descubierto y con vegetación rala.

En este caso, la PPNA se calcula como un producto de la radiación fotosintéticamente activa. Se puede expresar como el triple producto entre la cantidad total de radiación fotosintéticamente activa incidente (RFA), la fracción de esa radiación interceptada por los tejidos verdes (fRFA) y la eficiencia en el uso de la radiación (EUR) (Monteith, 1972):

$$PPNA \text{ (g.m}^{-2}\text{.año}^{-1}\text{)} = RFA \text{ (MJ. m}^{-2}\text{.año}^{-1}\text{)} \times fRFA \times EUR \text{ (g.MJ}^{-1}\text{)} \quad (\text{Monteith, 1972})$$

El IVN es un buen estimador de la fRFA (Gamon *et al.*, 1995), pero la forma en que se relacionan varía entre biomas. Puede ser lineal (Choudhury, 1987; Goward y Huemmrich, 1992; Ruimy *et al.*, 1994; Moreau *et al.*, 2003), no lineal (Potter *et al.*, 1993; Sellers *et al.*, 1994) o una combinación de ambas (Los *et al.*, 2000).

La RFA y la fRFA de Monteith (1972), estiman en conjunto la radiación fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación (RFAA). En los ecosistemas dominados por gramíneas o formas de vida de hoja caduca, la RFAA y la PPNA están directamente relacionadas (Monteith, 1981). Esta relación es la que se tomará como base para relacionar el IVN con la PPNA y ha sido ampliamente corroborada por Tucker y Sellers (1986), Box *et al.* (1989), Kennedy (1989), Prince (1991), Paruelo *et al.* (1997) y utilizada en estudios de escala

regional, donde se analizaron diversas clases de vegetación, como los de Taylor *et al.* (1985), Goward *et al.* (1985), Burke *et al.* (1991) y Paruelo *et al.* (1997).

1.5 Algunos intentos de relacionar el clima, la vegetación y la producción ganadera

La producción ganadera está parcialmente determinada por la PPNA, por su dinámica estacional y por la calidad de la vegetación (McNaughton *et al.*, 1991; Larter y Nagi, 2001), variables que son difíciles de medir y que además definen la capacidad de carga animal (Oesterheld *et al.*, 1998). Algunos autores que han intentado relacionar el clima con atributos de la producción ganadera, han encontrado relaciones entre la biomasa ganadera y la cantidad de precipitación anual en ecosistemas de África (Coe *et al.*, 1976; East, 1984; Owen-Smith, 1990) y de Sudamérica (Oesterheld *et al.*, 1992).

En un trabajo realizado en 63 departamentos de distintas provincias de Argentina, se encontró que el IVN se relacionó estrecha y positivamente con el stock de ganado ($r^2=0.90$) a través de una relación exponencial (Oesterheld *et al.*, 1998). En ese trabajo, el stock ganadero se refería a la cantidad de vacas, ovejas, cabras y caballos.

En Patagonia, se encontró que el 63,5 % de la variabilidad espacial de la tasa media de Señalada (ver definición en Sección 1.6) estaba explicada por el IVN medio anual (enero a diciembre) y la temperatura de primavera (septiembre, octubre y noviembre) (Hall y Paruelo, 2006). En la misma región se demostró, a través de regresiones lineales y análisis con redes neuronales artificiales, que la tasa de Señalada estaba asociada al momento del inicio de la estación de crecimiento de la vegetación y a la producción primaria (estimada a partir de datos de sensores remotos) en el momento del Servicio de las ovejas (Texeira *et al.*, 2008).

En el Noroeste de la Patagonia, se estudiaron los efectos directos e indirectos del clima, la topografía, los aspectos estructurales y funcionales de la vegetación y la densidad de población de ovinos sobre la Señalada a nivel de grandes cuadros en estancias (Texeira *et al.*, 2012). Estos autores encontraron que los cuadros hacia el Este, con una mayor variabilidad espacial en las temperaturas de julio y mayor producción primaria durante otoño-Invierno (estimado por teledetección) tuvieron mayores tasas de Señalada. Y cuadros con mayor proporción de mallines y con mayor consumo de forraje también se asociaron con un mejor rendimiento reproductivo (Señalada).

En el área costera de la provincia del Chubut (Patagonia argentina), se investigó la relación entre distintos índices de la producción ovina, con la disponibilidad hídrica y un índice espectral derivado de imágenes satelitales llamado índice de vegetación mejorado (EVI,

de sus siglas en inglés) (Colombani, 2012). Esta autora encontró que las lluvias de febrero influyen la producción de lana por animal y por hectárea en la esquila siguiente (agosto-septiembre). La inclusión de la carga animal mejoró aún más la variabilidad explicada de los índices productivos. Las precipitaciones y el índice de evapotranspiración (IE) del bimestre enero-febrero fueron las variables que mejor explicaron las variaciones en la producción de lana, mientras que las precipitaciones del bimestre marzo-abril constituyeron la mejor explicación del porcentaje de Señalada. El índice de vegetación mejorado (EVI) mostró una mayor correlación con los índices de productividad secundaria que los obtenidos con la precipitación o el IE, por lo que concluye que el índice de vegetación EVI permitiría analizar mayor información ambiental, y sería un mejor indicador que la precipitación y el IE para estimar la productividad ovina en esa área de estudio.

1.6 La Señalada como indicador del éxito productivo

La tasa de parición, indica la proporción de ovejas que parieron un cordero vivo sobre el total de ovejas que fueron servidas o encarneradas. Esta tasa, determina la posibilidad de que una población se sostenga en el tiempo, así como la capacidad de la majada de generar excedentes de corderos para la venta. La tasa de parición es de difícil medición a campo por lo que se utiliza una tasa de parición efectiva, conocida como Señalada. Esta se mide aproximadamente a las tres semanas de terminada la parición y se indica como un porcentaje de corderos vivos sobre el total de ovejas madres que entraron al servicio (Hall y Paruelo, 2006).

El porcentaje de Señalada es un índice importante que se utiliza habitualmente en los sistemas ganaderos como indicador del éxito productivo (Posse y Cingolani, 2004; Hall y Paruelo, 2006; Teixeira *et al.*, 2012; Villagra *et al.*, 2015). Este índice es función de distintas variables como la PPNA, la depredación y la ocurrencia de eventos climáticos extremos (fríos intensos, nevadas, deposición de cenizas volcánicas, etc.) (Villagra, 2002; Villagra y Giraudo, 2010). Todos estos factores provocan altas tasas de mortalidad y por lo tanto menores Señaladas (Hall y Paruelo, 2006). Por otro lado, el estado nutricional y sanidad de las ovejas está directamente relacionado con el peso al nacimiento (Oldham *et al.*, 2011), y con la tasa de crecimiento en los primeros 60 días de vida de los corderos (Giraudo *et al.*, 2002). De esta manera, ovejas con buen estado nutricional y sanidad, producen corderos más pesados, lo cual incrementa la probabilidad de sobrevivencia y aumenta el porcentaje de Señalada.

1.7 Variables a utilizar en la tesis

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente, en esta tesis se analizaron relaciones entre variables climáticas, de la productividad primaria y secundaria. Las variables climáticas que se utilizaron fueron la temperatura y la precipitación. En cuanto a la productividad primaria, se tomaron el IVN como indicador funcional de la misma y el porcentaje de la superficie ocupada por mallines de cada establecimiento como un indicador estructural. Además, se tomaron como variables de la producción secundaria, el Peso y la Condición Corporal (PC y CC, respectivamente) de las ovejas madres al Preservicio (antes del apareamiento), al Parto (antes del parto) y a la Señalada. Complementariamente se registró el porcentaje de Señalada y la estructura etaria de la majada.

1.8 Importancia y aportes de la investigación

El estudio aportará información relevante y actualizada acerca de las características de los sistemas de producción ovinos de Patagonia norte. La información resultante complementará los estudios de Villagra (2005), quien describió los sistemas de producción ovinos y mixtos (ovinos con caprinos y bovinos) de pequeños productores de la región sur de la provincia de Río Negro, informando como se componen estos sistemas en los distintos ambientes, así como su resultado productivo y económico. Se pretende con esta investigación aumentar el estado de conocimiento y mejorar el sistema de toma de decisiones de los productores ganaderos del norte de la Patagonia.

Actualmente en Patagonia norte se realiza un monitoreo del estado de los pastizales basado en el comportamiento del IVN (Easdale *et al.*, 2012), y desde hace algunos años se está trabajando en el desarrollo de un sistema de alerta temprana y mitigación de sequías. Este sistema requiere la integración a dos escalas interconectadas, una regional en donde adquieren relevancia decisiones políticas, con apoyo institucional y organizativo; y otra predial, en la cual se toman decisiones de manejo y se aplican tecnologías asociadas a las características propias de cada sistema de producción ganadero (Easdale *et al.*, 2012). Sin embargo, hasta el momento no se han realizado estudios que vinculen el clima y/o el IVN con indicadores de la productividad animal en los establecimientos de la región. Esta tesis aportará información para comprender mejor esos vínculos. Se pretende encontrar variables del clima y/o del IVN que se comporten como predictores del estado nutricional de las ovejas madres y de la Señalada, con la finalidad de generar alertas tempranas que pueden disparar estrategias de manejo, como por ejemplo suplementación nutricional previo al parto, servicio diferencial por categorías, utilización diferencial del pastizal, entre otras.

La tesis aportará un mayor conocimiento de las relaciones entre las variables climáticas, la vegetación y la producción ganadera medida a campo. Esto posibilitará trabajar en el desarrollo de modelos predictivos sobre los efectos del clima y la vegetación en el resultado productivo de los establecimientos ganaderos del norte de la Patagonia.

1.9 Área de estudio: Sudoeste de la Provincia de Río Negro, Patagonia Argentina

1.9.1. Características generales

La Patagonia argentina es una vasta región de aproximadamente 80 millones de hectáreas ubicada entre los 36° y 55° de latitud sur y desde el Océano Atlántico hasta la Cordillera de los Andes. Debido al ambiente desfavorable y las condiciones climáticas extremas, esta región está escasamente poblada, representando solamente el 5% (2,1 millones) de la población de Argentina (INDEC, 2010).

La provincia de Río Negro, donde se realizó esta tesis, experimenta fuertes vientos dominantes del oeste a lo largo del año. Estos vientos, provenientes del Océano Pacífico, pierden la humedad sobre la Cordillera de los Andes provocando que las precipitaciones desciendan rápidamente hacia el este. En la zona cordillerana, en el límite con Chile, se encuentra la isohieta de 3000 mm anuales, disminuyendo, en la Ciudad de San Carlos de Bariloche a 1000 mm (Bran *et al.*, 2000). Por su posición en el globo (latitud y continentalidad), Río Negro, presenta un régimen de temperaturas templado-frío con moderada amplitud anual. El gradiente de temperaturas está asociado con la altimetría y en menor medida con la latitud. La temperatura media anual aumenta en sentido suroeste-noreste, desde los 7°C hasta los 15°C. A estos gradientes se suma la complejidad geomorfológica que determina diferentes tipos de suelos y sistemas de drenaje (Godagnone y Bran, 2009).

La región extrandina de la provincia de Río Negro, está conformada por serranías, mesetas y planicies bajo un clima semiárido a árido. La vegetación correspondiente al área de estudio, se encuentra dentro de las Provincias Fitogeográficas Patagónicas y del Monte (Cabrera, 1971; León *et al.*, 1998). La primera, ocupa aproximadamente 7,3 millones de hectáreas, representando el 36 % de la superficie provincial (Godagnone y Bran, 2009) y se corresponde con tres regiones ecológicas homogéneas: “Precordillera”, “Sierras y Mesetas” y “Meseta Central”. La segunda, se corresponde con dos regiones ecológicas homogéneas: “Monte Austral” y “Monte oriental” de los cuales solo el Monte Austral se encuentra dentro del área de estudio (Bran *et al.*, 2000; Godagnone y Bran, 2009).

La Precordillera ocupa una franja contigua al este de la cordillera, el clima presenta un marcado gradiente de precipitaciones disminuyendo en pocos kilómetros de 800 mm a 300 mm, con una temperatura media anual de 8°C. El paisaje está caracterizado por relieves montañosos y sierras donde predominan los suelos franco arenosos (Molisoles xéricos). La vegetación corresponde a un mosaico con predominio de estepas gramíneas de *Pappostipa speciosa* var. *major* “coirón amargo” y *Festuca pallescens* “coirón dulce”, con intrusiones del bosque y un gran porcentaje de mallines (5 a 10%). Esta región presenta una superficie de 287.575 ha, es decir, 1,42 % de la superficie provincial (Bran *et al.*, 2000).

En la región de Sierras y Mesetas el clima es árido y frío con una temperatura anual media que varía entre 8 y 10°C con precipitaciones que van de 300 mm a 150 mm. El relieve es de sierras, pedimentos mesetiformes y mesetas basálticas, con alturas de aproximadamente 1000 m s.n.m. Los suelos están poco desarrollados y presentan bajos contenidos de materia orgánica (Aridisoles y Entisoles). Su vegetación principal es una estepa de arbustos bajos (*Mulinum spinosum* “neneo”, *Senecio* spp. “charcaos”) y coirones (principalmente *Pappostipa speciosa* var. *major* “coirón amargo” y *Festuca pallescens* “coirón dulce”). Presenta aproximadamente un 3% de la superficie con mallines, mucho menor que en Precordillera. La superficie de esta región es de 3.538.500 ha, lo que representa el 17,45 % de la superficie provincial (Bran *et al.*, 2000).

En la región de Meseta Central el clima es el más árido de la provincia. Su temperatura media anual varía entre 8 y 12°C con precipitaciones anuales por debajo de los 200 mm. El relieve está compuesto por peneplanicies, sierras bajas y bajos, con suelos arenos arcillosos pobres (Aridisoles y Entisoles). La vegetación está caracterizada principalmente por estepas arbustivas bajas con arbustos como *Nassauvia glomerulosa* “colapiche”, *Nassauvia axillaris* “uña de gato” y *Chuquiraga avellanadae* “quilembay”, y estepas arbustivo-gramíneas medias con arbustos como *Prosopis denudans* “algarrobito patagónico” y *Lycium* spp. “yaoyin”. En el estrato gramíneo la especie más común es *Jarava humilis* “coirón llama”. En las zonas más bajas se desarrollan estepas arbustivas halófitas de *Atriplex lampa* “zampa”. Los mallines son escasos y salinos. Su superficie es de 3.468.975 ha y representa el 17,11 % de la superficie provincial (Bran *et al.*, 2000).

Por último, el Monte Austral, presenta un clima árido con una temperatura anual media superior a 13°C y precipitaciones anuales menores a 200mm. Su relieve está compuesto por peneplanicies y mesetas sedimentarias bajas con suelos dominantes de características pobres (Aridisoles y Entisoles). La vegetación es una estepa arbustiva media. Los arbustos principales son *Larrea nitida* “jarilla crespá”, *Larrea divaricata* “jarilla hembra” y *Larrea cuneifolia* “jarilla macho” (otros géneros arbustivos son *Prosopis*, *Atriplex*, *Chuquiraga*). La

Nassella tenuis “flechilla” es la principal constituyente del estrato gramíneo. Ocupa 8.419.775 ha, que expresado como porcentaje de la provincia es el 41,5 % (Bran *et al.*, 2000).

El área de estudio se extiende desde los 67° 32' 39" hasta los 71° 5' 29" de longitud oeste y desde los 40° 1' 14" hasta los 41° 48' 56" de latitud sur (Figura 1.1.). Abarca una superficie aproximada de 9 millones de hectáreas, desde la región de Precordillera hasta el Monte Austral. Las precipitaciones siguen un gradiente oeste-este, desde los 500 mm anuales en el extremo occidental del área de estudio hasta los 150 mm anuales en el límite oriental, con una temperatura anual media que varía entre los 8 y 13 °C.

1.9.2 El uso ganadero en la Patagonia extra-andina de Río Negro

La Patagonia cuenta con 8,8 millones de ovinos aproximadamente, de los cuales 1,3 millones se encuentran en la provincia de Río Negro. De ese total, cerca de un millón de ovinos, que representan el 76% de la provincia, se encuentran en los departamentos de Pilcaniyeu, Ñorquinco, El Cuy, 9 de Julio y 25 de Mayo (SENASA, 2015) (Figura 1.1.).

Dentro del sector primario de la provincia de Río Negro las actividades productivas más importantes son la fruticultura, la minería y la pesca. Si bien la actividad ganadera extensiva, principalmente ovina, no ocupa un lugar predominante desde lo económico, es la principal actividad de los 6 departamentos (56% del territorio provincial) menos poblados de la provincia (Pilcaniyeu, Ñorquinco, El Cuy, 9 de Julio, 25 de Mayo y Valcheta), donde habitan 34.000 personas. Esta actividad es sustento de más de 2.300 familias que viven en las regiones más despobladas e inhóspitas de Río Negro (Villagra y Giraudo, 2010).

La dinámica territorial de esta región está dada por una densidad poblacional muy baja con presencia casi exclusiva de sistemas ganaderos extensivos de predominancia ovina con existencias de caprinos y vacunos. De estos productores aproximadamente el 80% son de tipo familiar minifundista, el resto se conforma por un estrato que podría definirse como empresario muy disminuido en su capacidad productiva y un pequeñísimo número de grandes empresas agropecuarias (Easdale *et al.*, 2009).

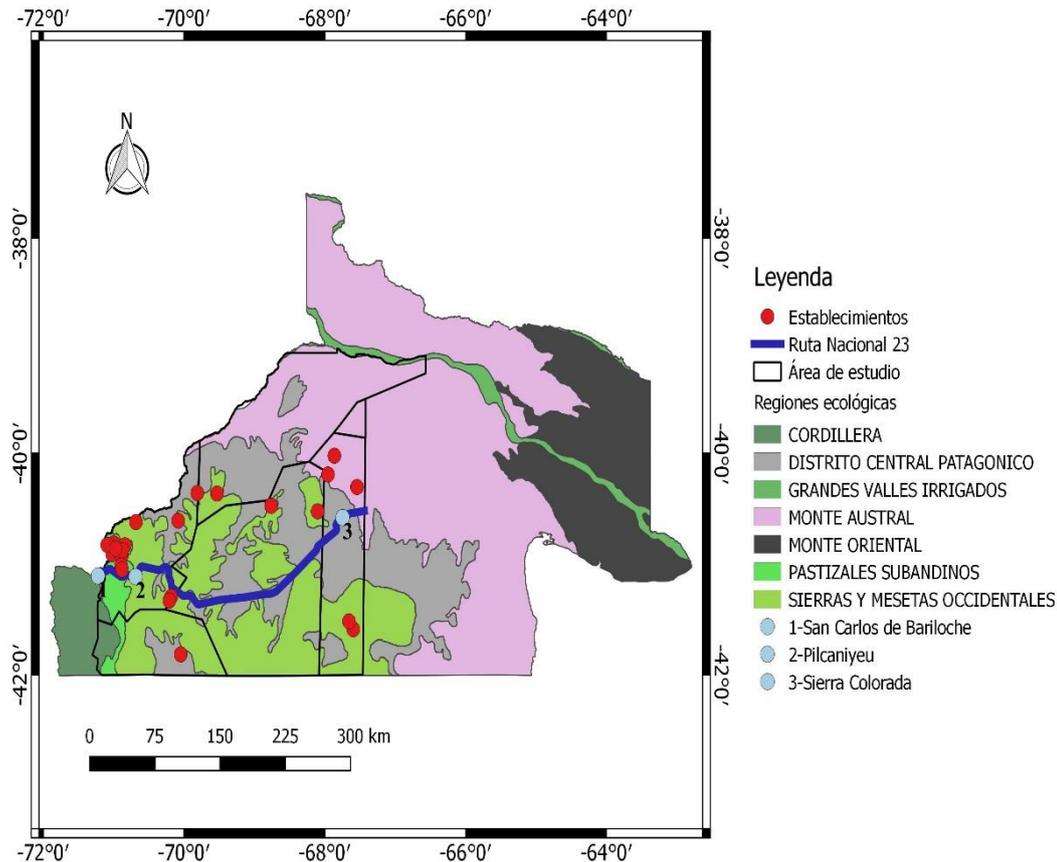


Figura 1.1: Ubicación de los establecimientos ganaderos de estudio.

1.10. Objetivos y organización de la tesis

El objetivo general de esta tesis es analizar el efecto del clima y atributos de la vegetación sobre la producción ovina en establecimientos ganaderos del norte de la Patagonia. La tesis está organizada en cuatro capítulos. Los objetivos específicos de cada capítulo se describen a continuación.

Capítulo 1: el objetivo de este capítulo es brindar de una introducción general a la tesis, donde se revisan antecedentes bibliográficos acerca de la importancia del clima y la vegetación en la producción ganadera y se consideran algunos intentos por relacionarlos. También abordar la importancia y aportes de la investigación, las características generales del área de estudio y por último los objetivos de la tesis.

Capítulo 2: describir la estructura etaria de las majadas, estudiar el comportamiento del Peso Corporal y la Condición Corporal en función de diferentes años y momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) dentro del año.

Capítulo 3: en este capítulo se pretende evaluar las relaciones entre la temperatura, la precipitación, el IVN, la proporción de mallines, el Peso Corporal de las ovejas madres y el porcentaje de Señalada.

Capítulo 4: discutir en términos generales los principales resultados obtenidos en el marco de esta tesis, analizar las implicancias en el manejo de los sistemas productivos de Patagonia norte, destacar las tecnologías vinculadas a estas asociaciones, sintetizar las principales conclusiones y plantear las necesidades de futuras investigaciones.

CAPÍTULO 2

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL PESO CORPORAL, DE LA CONDICIÓN CORPORAL Y LA DISTRIBUCIÓN ETARIA DE LAS MAJADAS OVINAS EN PATAGONIA NORTE.

2.1. Introducción

La Patagonia argentina es una vasta región de aproximadamente 80 millones de hectáreas. La integran cinco provincias: Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego. La principal actividad agropecuaria de la región Patagónica es la ganadería ovina, tanto por la superficie que ocupa, como por el número de productores que involucra (8859 establecimientos). Esta actividad genera una dinámica económica en las poblaciones del interior y centros urbanos ligados al procesamiento de la lana y la prestación de servicios como la faena. La ganadería ovina en Patagonia se ha caracterizado desde sus inicios por ser extensiva. Los ovinos pastorean sobre pastizales naturales con bajas cargas por hectárea (1 a 0,2 animales/ha), y se encierran pocas veces en el año para realizar actividades como el servicio, pelada de ojos, esquila, Señalada y/o destete (La Torraca, 2015).

Un adecuado estado nutricional de los animales en estos sistemas es la base para poder aplicar técnicas de reproducción y mejoramiento genético (Giraudó y Villar, 2010). Los indicadores del estado nutricional de los ovinos, más utilizados en esta región, son el peso corporal (PC) y la condición corporal (CC). Estos indicadores están asociados al funcionamiento reproductivo de las majadas (Cueto *et. al.*, 2015). Por lo tanto, conocer la dinámica de estas variables en distintas categorías ovinas y en diferentes momentos del ciclo productivo nos provee de valiosa información descriptiva acerca de cómo se comporta el sistema de producción en estos ambientes.

En la producción ovina, el PC y su evolución anual afectan marcadamente la fecundidad tanto de las ovejas adultas como de las borregas (Fernández Abella, 2008). La evolución del PC antes del Servicio determina la probabilidad de que las ovejas tengan ovulaciones múltiples (Fernández Abella y Formoso, 2007).

El PC se encuentra asociado también a otras importantes variables, siendo en algunos casos afectado por éstas (por ejemplo: la producción de forraje, su estacionalidad y el porcentaje de mallines) o afectándolas (por ejemplo: el porcentaje de señalada, la producción de lana por oveja, y la tasa de crecimiento de los corderos) (Villagra 2005; Oldham *et al.*, 2011).

Alrededor del 50% de la tasa de mortalidad de corderos puede ser asociada con el PC promedio de las ovejas al día 100 de preñez (Kelly, 1992). El PC de las ovejas Merino afecta el peso al nacer de su progenie y estos efectos en el peso al nacer se pueden usar para predecir la supervivencia del cordero (Oldham *et al.*, 2011). Por otro lado, la nutrición de las ovejas genera cambios en su PC durante la preñez y la lactancia, y estos cambios

en el PC se pueden utilizar para predecir la cantidad y calidad de lana producida por la oveja (Ferguson *et al.*, 2011) y su progenie (Thompson *et al.*, 2011).

Una herramienta útil, sencilla y práctica, que ha sido ampliamente difundida para determinar el estado corporal en que se encuentran los animales es la CC (Giraudó, 2009). La CC utilizada en la Patagonia consta de una escala de 5 puntos, donde 1 es un animal muy flaco y 5 uno muy gordo (Jefferies, 1961), y se basa en la palpación del área lumbar de los animales. En Patagonia, la CC que se encuentra más a menudo en los ovinos varía entre 1 y 3 puntos (Giraudó, 2009; Giraudó y Villar, 2010), cuya interpretación se muestra en la Tabla 2.1. Dependiendo del grado de precisión que se busque en base al objetivo particular, se puede abrir esta escala cada medio punto para majadas en general, donde se examinan muchos animales o cada cuarto de punto, si se quiere tomar decisiones más específicas (Giraudó, 2009). Se ha probado que este indicador tiene directa relación con determinadas funciones productivas y reproductivas. Animales con distinta CC producen crías con una evolución de su PC diferente en el lapso nacimiento-destete, siendo mayor el crecimiento en crías nacidas de ovejas con mayor CC (Giraudó *et al.*, 2005). Por lo tanto la CC es un indicador preciso del efecto de la nutrición sobre el porcentaje de Señalada. Además, su uso en ciertos momentos del año como el Preservicio, el Preparto, y la Señalada permite definir ajustes o realizar un manejo diferencial de los animales (La Torraca, 2015).

Tabla 2.1: Interpretación práctica de la condición corporal al servicio y al parto. Tomado de Villar L. y Zimmerman M. (2010).

Puntaje de CC	Estado equivalente
Menor de 2 puntos	Regular a malo
Entre 2 y 2,5	Bueno
Entre 2,5 y 3	Muy bueno

Las pérdidas de corderos del 30-35% al momento de la señalada son consideradas normales para la región patagónica (Mueller, 1980; Villagra, 2005; Cueto *et al.*, 2015). En algunos años, a estas pérdidas de corderos se les puede adicionar un 20% de mortalidad durante el invierno, haciendo difícil la reposición de animales. Es por ello, que es común encontrar majadas con un alto porcentaje de animales envejecidos, o con reposiciones por pulso, es decir, que en función de cuan benigno haya sido el año pueden haber corderas para reponer en la majada o no (Villagra, 2010).

Por lo expresado, conocer la distribución de edades en una majada, mediante la observación de la cronología dentaria y categorizar los animales en Diente de leche o Corderas, 2 dientes o Borregas, 4 dientes, 6 dientes, Boca llena, Medio diente y Sin dientes o Viejas, permite establecer el grado de “envejecimiento” de la majada y estimar en qué medida se deberían realizar las reposiciones anuales de las hembras (Cueto et al., 2015). En un estudio inédito citado por Borrelli (2001), realizado sobre más de 4000 ovejas de ocho establecimientos al sur de la Patagonia, se encontró evidencia de que las Borregas y las ovejas Viejas presentan entre 10 y 15 % menos Señalada que las Adultas. La fertilidad, definida como el número de ovejas preñadas, varía a lo largo de la vida de las mismas, dependiendo de la raza. En un estudio donde se evaluó la fertilidad de siete razas ovinas y dos cruza a lo largo de toda su vida se observó que la fertilidad promedio era de 45-75 % al primer año, ascendía al 85-95 % entre los cuatro y seis años, para luego descender al 60-80 % a los nueve años de edad. Al igual que para la fertilidad, la prolificidad, definida como la cantidad de corderos que pare una oveja, también varía con la edad de las mismas. La cantidad de corderos nacidos vivos por oveja parida suele aumentar con la edad hasta los cinco o seis años, para posteriormente descender al final de su vida útil (Buratovich, 2010).

El objetivo de este trabajo fue describir la estructura etaria de las majadas ovinas y estudiar el comportamiento del peso corporal y la condición corporal en función de diferentes años y momentos (Preservicio, Parto y Señalada).

2.2. Materiales y métodos

2.2.1. Área de estudio

El área de estudio comprende aproximadamente nueve millones de hectáreas, desde San Carlos de Bariloche hasta Sierra Colorada (INTA, 2013). La precipitación y la temperatura media anual se hallan entre 150 mm y 800 mm y entre 8 °C y 13°C, respectivamente (Godagnone y Bran, 2009). La vegetación está dominada por pastizales gramíneos, estepas arbustivo-gramíneas y arbustales. Los suelos son de texturas arenosas y franco-arenosas principalmente, con escaso desarrollo de horizontes pedogenéticos, y pertenecen principalmente a los órdenes Aridisoles y Entisoles (del Valle, 1998).

Según la interrelación de diferentes elementos del medio natural: relieve, clima, hidrografía, suelos y vegetación, se dividió a la provincia en regiones ecológicas homogéneas (REH) (Bran *et al.*, 2000), abarcando el área de estudio en sentido este-oeste el Monte Austral, la Meseta Central, las Sierras y Mesetas y la Precordillera (para más detalles ver punto 1.9.1. y figura 1.1.).

2.2.2. Variables estudiadas

Además de los ovinos, en los establecimientos de producción mixta se evaluaron otras especies domésticas (caprinos y bovinos), que no fueron consideradas en este estudio. Se registraron datos de peso corporal (PC), condición corporal (CC), y cronología dentaria de las majadas en tres momentos: Preservicio, Preparto y Señalada y tres temporadas: 2013, 2014 y 2015. Se muestrearon 23 establecimientos agropecuarios (Tabla 2.2).

Tabla 2.2: Características generales del sistema de producción de los distintos establecimientos. O: Ovino; C: Caprino; B: Bovino.

Código de Productor	Latitud	Longitud	Superficie (ha)	Tipo de Sistema	Especies productivas	N° ovinos muestreado	% muestreado del total de ovinos	Fecha inicio del Servicio
1	40°18'23.05"S	67°32'39.11"O	5099	Mixto	O-C	55	30	01-abr
2	40°11'32.87"S	67°57'21.63"O	4182	Mixto	O-C	90	23	01-abr
3	40° 1'14.07"S	67°51'55.11"O	585	Ovino	O	19	40	01-abr
4	40°21'58.60"S	69°31'54.60"O	20299	Ovino	O	150	20	10-may
5	40°31'42.09"S	68° 6'12.93"O	4968	Mixto	O-C	227	100	25-may
6	40°28'42.22"S	68°45'48.01"O	474	Mixto	O-C	9	100	25-may
7	41°35'26.67"S	67°35'50.20"O	5698	Mixto	O-C	178	100	25-may
8	41°31'13.62"S	67°39'25.23"O	2761	Mixto	O-C	208	100	25-may
9	40°36'45.96"S	70° 4'59.77"O	3784	Mixto	O-C	231	100	10-may
10	40°49'9.01"S	71° 0'4.11"O	199	Mixto	O-C	64	100	10-may
11	40°49'58.02"S	71° 5'28.59"O	538	Mixto	O-C-B	15	100	10-may
12	40°54'58.00"S	71° 1'14.40"O	211	Mixto	O-C	43	100	10-may
13	41°48'56.04"S	70° 2'52.23"O	3890	Mixto	O-C	38	100	20-may
14	41°17'56.18"S	70°10'54.97"O	553	Mixto	O-C	58	100	01-jun
15	41°20'2.23"S	70°12'35.23"O	634	Mixto	O-C	76	60	01-jun
16	40°50'9.46"S	70°50'21.03"O	1906	Ovino	O-B	223	28	25-may
17	40°56'19.58"S	70°53'15.85"O	3000	Mixto	O-B	100	100	01-may
18	41° 3'18.20"S	70°52'55.00"O	57	Mixto	O-B	99	100	20-may
19	40°52'50.63"S	70°52'39.83"O	248	Mixto	O-C	44	100	25-may
20	41° 1'11.79"S	70°53'42.14"O	211	Mixto	O-C	21	100	01-may
21	40°21'42.65"S	69°48'44.72"O	1628	Ovino	O	159	100	15-may
22	40°38'36.12"S	70°36'32.28"O	13359	Ovino	O	320	50	15-may
23	40°49'47.91"S	70°59'59.54"O	1095	Mixto	O-C	96	100	10-may

Se agruparon a los ovinos por edad en cinco categorías:

- Dientes de leche: hembras y machos entre 15 y 60 días de vida al momento de la Señalada.
- Corderas: hembras diente de leche mayores a 5 meses de edad al Preservicio.
- Borregas: hembras dos dientes al Preservicio, de dos años de edad.
- Adultas: hembras cuatro dientes, seis dientes, boca llena y medio diente al Preservicio, es decir, mayores a dos años y menor a seis años de edad.
- Viejas: hembras sin dientes al momento del Preservicio, mayor a seis años de edad.

Los ovinos se evaluaron en tres momentos del año:

- Al Preservicio (antes del servicio o apareamiento), correspondiente con los meses de marzo, abril, mayo.
- Al parto (antes del parto), coincidente con los meses de julio, agosto y septiembre.
- A la Señalada (momento en que se cuenta el número de corderos y se realiza la señal de propiedad sobre los mismos) entre los meses de noviembre, diciembre y enero del año siguiente.

Los datos de PC, CC y cronología dentaria se registraron de manera individual con una jaula montada sobre una balanza digital. El porcentaje de animales evaluados por establecimiento fue del 20 al 100% de la majada para cada momento del año (Tabla 2.2).

2.2.3. Análisis de los datos

Se realizó un análisis descriptivo de la estructura etaria de las majadas. Para ello, solo se tuvieron en cuenta aquellos establecimientos en los que se presentaron las categorías Corderas, Borregas, Adultas y Viejas. Se tomó en cuenta el valor promedio de cada categoría para cada momento y temporada. Para las variables PC y CC se realizaron tablas de promedios generales, con error estándar, número de animales y número de establecimientos para los distintos momentos y temporadas.

Para la categoría Diente de leche se aplicó un modelo lineal mixto únicamente para la variable PC considerando dos factores fijos: Sexo (2 niveles: Hembras y Machos) y Temporada (3 niveles: 2013, 2014 y 2015).

En las categorías Corderas, Borregas, Adultas y Viejas, el PC y la CC se analizaron a través de un modelo lineal mixto (modelando cada edad en forma separada), con dos factores fijos: Momento (3 niveles: Preservicio, Preparto, y Señalada) y Temporada (2 niveles: 2013, 2014 en Corderas y Borregas y 3 niveles: 2013, 2014, 2015 en Adultas y Viejas).

Con el fin de tomar en cuenta las fuentes de variación externa que pudieran afectar a estas variables, en todas las categorías se consideró al establecimiento, anidado en temporada, como bloque aleatorio. Ante la presencia de correlación significativa entre mediciones repetidas de un mismo animal, la misma se modeló a través de un modelo autoregresivo de orden 1.

Se utilizó el programa estadístico Infostat versión 2017 y se trabajó con un nivel de significación de 0,05.

2.3. Resultados

2.3.1. Estructura de las majadas

En el 2013, las Adultas fueron la categoría con mayor representación en las majadas (alrededor del 65%), luego se ubicaron las Corderas (alrededor del 15%) y en menor medida las Borregas y Viejas (10% cada una). En el caso de las Viejas, el año de nacimiento se corresponde con el 2006 y anteriores. Para las Borregas, el año de nacimiento fue el 2011, coincidente con la erupción del volcán Puyehue cordón Caulle, y para las Corderas el año de nacimiento fue el 2012. Las Adultas comprenden un conjunto de edades cuyo año de nacimiento varía entre 2007 y 2010 (Figura 2.1).

En el 2014, el porcentaje de Adultas fue alrededor del 35% siendo mayor respecto del resto de las categorías, pero las diferencias entre las categorías no fueron tan notables como en 2013. Las Borregas, Corderas y Viejas representaron una proporción relativamente mayor al año 2013 (entre un 20 y 25%) (Figura 2.1).

En 2015, las Adultas, al igual que en los demás años, representaron el mayor porcentaje de existencias (alrededor de un 40%). Las Corderas, mostraron un porcentaje cercano al 35%, siendo este valor mayor respecto a los años precedentes. Las Borregas y Viejas representaron cerca de un 15% cada una (Figura 2.1).

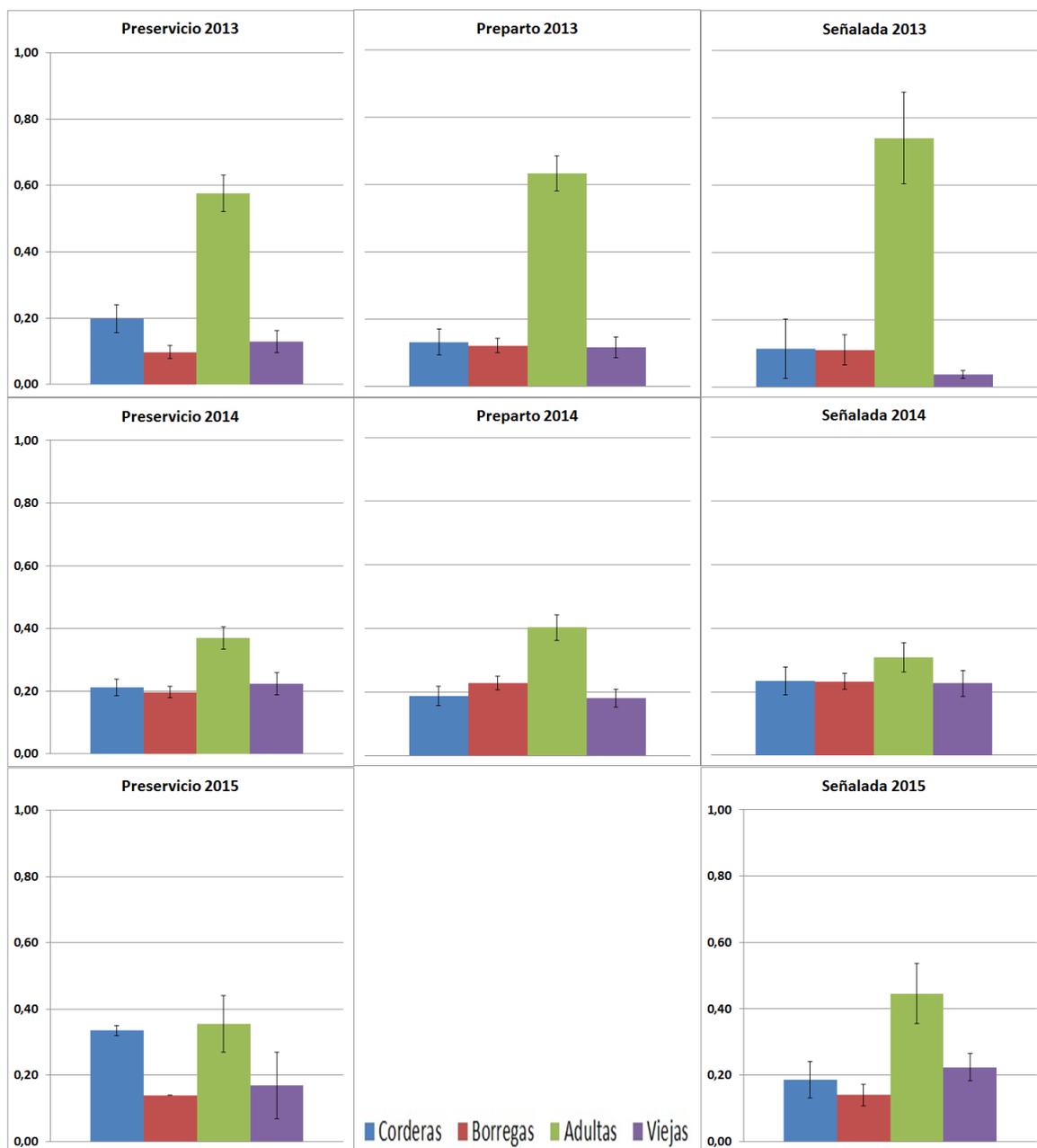


Figura 2.1: Proporción de las categorías Corderas, Borregas, Adultas y Viejas en distintos momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y temporadas (2013, 2014 y 2015). Las líneas verticales sobre las barras indican el error estándar.

2.3.2. Estudio del peso corporal (PC)

Dada las diferencias temporales del relevamiento de la información, la comparación de promedios entre momentos y temporadas se realizó a través de los promedios estimados por el modelo que considera al establecimiento como bloque aleatorio. Estos promedios son los que se presentan en los gráficos de esta sección y en los párrafos siguientes. Las estimaciones se acompañan con su correspondiente error estándar entre paréntesis y en cursiva. A título informativo para ver características puntuales, los promedios observados para el PC se presentan en las Tablas 2.1.1 y 2.1.2 del anexo 2.1.

2.3.2.1. Peso corporal en Dientes de leche

Para los Dientes de leche, no se detectó interacción significativa entre los factores sexo y temporada ($p \leq 0,6778$). El sexo fue el único factor que mostró diferencias significativas en los promedios de PC ($p \leq 0,0006$), ya que el PC promedio general ajustado de los Machos fue de 18,28 (1,47) kg y el de las Hembras de 17,60 (1,46) kg. En las temporadas 2013, 2014 y 2015 los PC promedio ajustados de los machos fueron de 18,09 (2,57), 18,43 (2,26) y 18,31 (2,76) kg, presentando diferencias con las hembras de 0,46 (0,35), 0,88 (0,34) y 0,69 (0,34) kg, respectivamente (Figura 2.2, Anexo 2.1 Tabla 2.1.3). En el caso de la temporada 2013 esta diferencia no fue significativa.

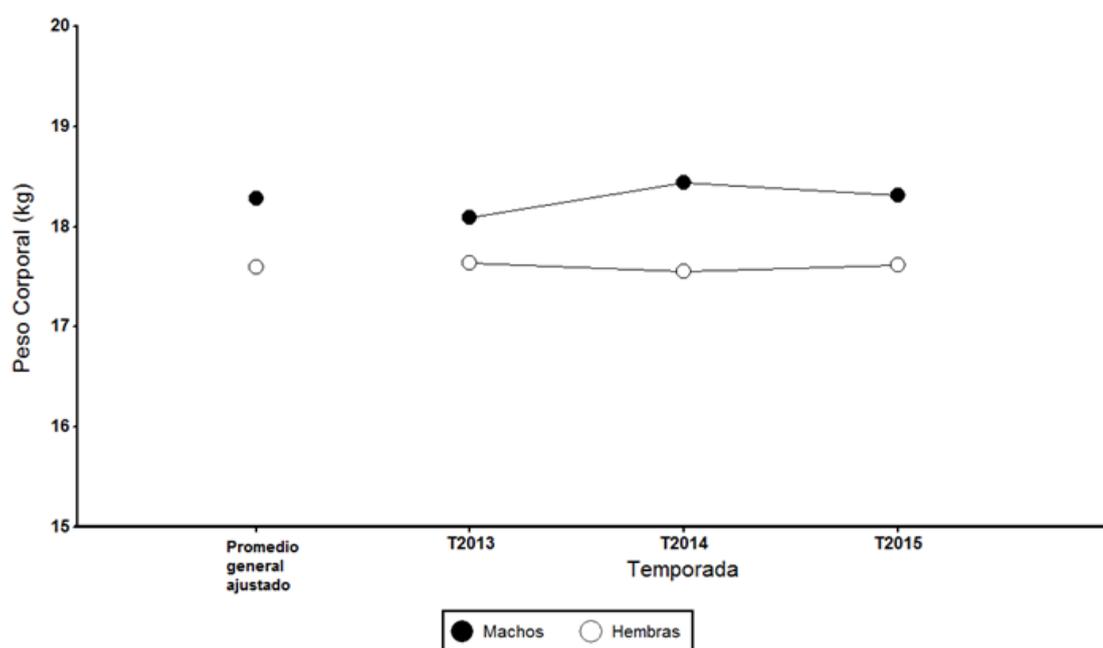


Figura 2.2: Peso corporal promedio ajustado por el modelo para Diente de leche (Machos y Hembras) en las temporadas 2013 (T2013), 2014 (T2014) y 2015 (T2015).

2.3.2.2. Peso corporal en Corderas, Borregas, Adultas y Viejas

En los cuatro modelos (Corderas, Borregas, Adultas y Viejas), la interacción entre los factores momento y temporada resultó significativa ($p \leq 0,001$ en todos los casos) por lo cual se procedió a su apertura, donde se comparó el factor momento dentro de cada nivel del factor temporada analizando los contrastes de interés.

En el caso de las Corderas, hubo diferencias significativas entre los momentos dentro de cada temporada (2013 y 2014, $p \leq 0,0001$). En 2013, la Señalada presentó el mayor valor promedio de PC de los tres momentos con 34,66 (1,69) kg, diferenciándose de manera significativa en 7,89 (1,34) kg con el Preservicio y en 7,83 (1,31) kg con el Preparto ($p \leq 0,0001$ en ambos casos). No se observaron diferencias significativas entre el

Preservicio y el Preparto ($p > 0,9999$). En 2014, la Señalada también exhibió el mayor PC promedio con 41,25 (1,25) kg y se diferenció significativamente del Preservicio y del Preparto en 13,31 (0,56) y 12,81 (0,53) kg, respectivamente ($p \leq 0,0001$ en ambos casos). Como en 2013, aquí tampoco se presentaron diferencias significativas entre los momentos Preservicio y Preparto ($p \leq 0,2442$) (Figura 2.3 a; Anexo 2.1 Tabla 2.1.4).

Las Borregas solo presentaron diferencias significativas entre los momentos evaluados para la temporada 2014 ($p \leq 0,0001$). La Señalada mostró un PC promedio de 45,38 (1,91) kg y una diferencia de 7,12 (0,55) y 7,50 (0,50) kg respecto del Preservicio y el Preparto ($p \leq 0,0001$ en ambos casos). Al igual que en la categoría Corderas, no se observaron diferencias significativas entre Preservicio y Preparto ($p \leq 0,7885$). Para la temporada 2013 los PC del Preservicio, Preparto y Señalada fueron de 33,63 (2,01), 33,18 (2,03), 35,12 (2,20) kg, respectivamente (Figura 2.3 b; Anexo 2.1 Tabla 2.1.5).

Las Adultas presentaron diferencias significativas entre los momentos para las tres temporadas (2013, 2014 y 2015, $p \leq 0,0001$). En la temporada 2013, el mayor peso promedio, corresponde al Preservicio con 39,44 (1,29) kg, arrojando una diferencia significativa de 2,22 (0,19) kg con el Preparto ($p \leq 0,0001$) y de 1,66 (0,43) kg con la Señalada ($p \leq 0,0004$). No se encontraron diferencias significativas entre el Preparto y la Señalada para esta temporada ($p \leq 0,5454$). En la temporada 2014, el mayor peso promedio se presenta en la Señalada con 44,50 (1,49) kg, con diferencias de 5,24 (0,46) y 6,31 (0,41) kg respecto al Preservicio y al Preparto ($p \leq 0,0001$ en ambos casos). El PC Preservicio presentó una diferencia significativa de 1,07 (0,26) kg con el Preparto ($p \leq 0,0002$). En la temporada 2015, el mayor peso promedio fue de 49,32 (2,37) kg correspondiente al Preservicio, con una diferencia de 4,03 (1,64) y 6,42 (1,72) kg con el Preparto ($p \leq 0,0418$) y la Señalada ($p \leq 0,0006$), respectivamente. Entre el PC Preparto y la Señalada no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,9001$) (Figura 2.3 c; Anexo 2.1 Tabla 2.1.6).

Las Viejas mostraron diferencias significativas entre los momentos para las tres temporadas (2013, 2014 y 2015, $p \leq 0,0001$). En la temporada 2013, al igual que en las Adultas, el mayor PC promedio fue al Preservicio con 38,9 (1,41) kg, diferenciándose significativamente del Preparto ($p \leq 0,0001$) en 2,67 (0,55) kg y la Señalada ($p \leq 0,0035$) en 3,34 (1,03) kg. Entre los dos últimos momentos no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,9999$). En la temporada 2014, nuevamente al igual que en las Adultas, el mayor peso ocurrió en la Señalada con 43,67 (1,59) kg, y mostró diferencias significativas de 2,98 (0,62) y 6,27 (0,58) kg respecto del Preservicio y el Preparto ($p \leq 0,0001$ en ambos casos). En esta temporada el Preservicio y el Preparto mostraron una diferencia significativa de 3,30 (0,53) kg ($p \leq 0,0001$). Por último, para la temporada 2015, de manera similar a las Adultas, el

Preservicio presentó el mayor peso promedio con 46,54 (2,70) kg y se diferenció significativamente en 9,81 (2,51) kg del Preparto ($p \leq 0,0003$) y en 6,29 (2,44) kg de la Señalada ($p \leq 0,0305$). Entre el PC de la Señalada y el Preparto no hubo diferencia significativa ($p \leq 0,8677$) (Figura 2.3 d; Anexo 2.1 Tabla 2.1.7).

En resumen, se pueden observar dos grandes tipos de comportamiento para todas las categorías entre los distintos momentos, los cuales están asociados a las distintas temporadas. El primero, donde el PC promedio a la Señalada es mayor que al Preservicio y al Preparto y donde no se visualizan diferencias entre los dos últimos momentos mencionados. Este es el caso de las Corderas en las dos temporadas analizadas y las Borregas en 2014. Para estas dos categorías se observa, que el 2014 presentó valores promedios ajustados mayores que para el 2013. Las Adultas y Viejas, en la temporada 2014 se comportan de manera similar a las Corderas y Borregas con la diferencia que el PC al Preservicio es mayor que al Preparto. Finalmente, el segundo tipo de comportamiento, se caracteriza porque el PC promedio al Preservicio es mayor que al Preparto y a la Señalada y no se visualizan diferencias entre los últimos dos. Este es el caso de las Adultas y las Viejas en las temporadas 2013 y 2015 (Tabla 2.3).

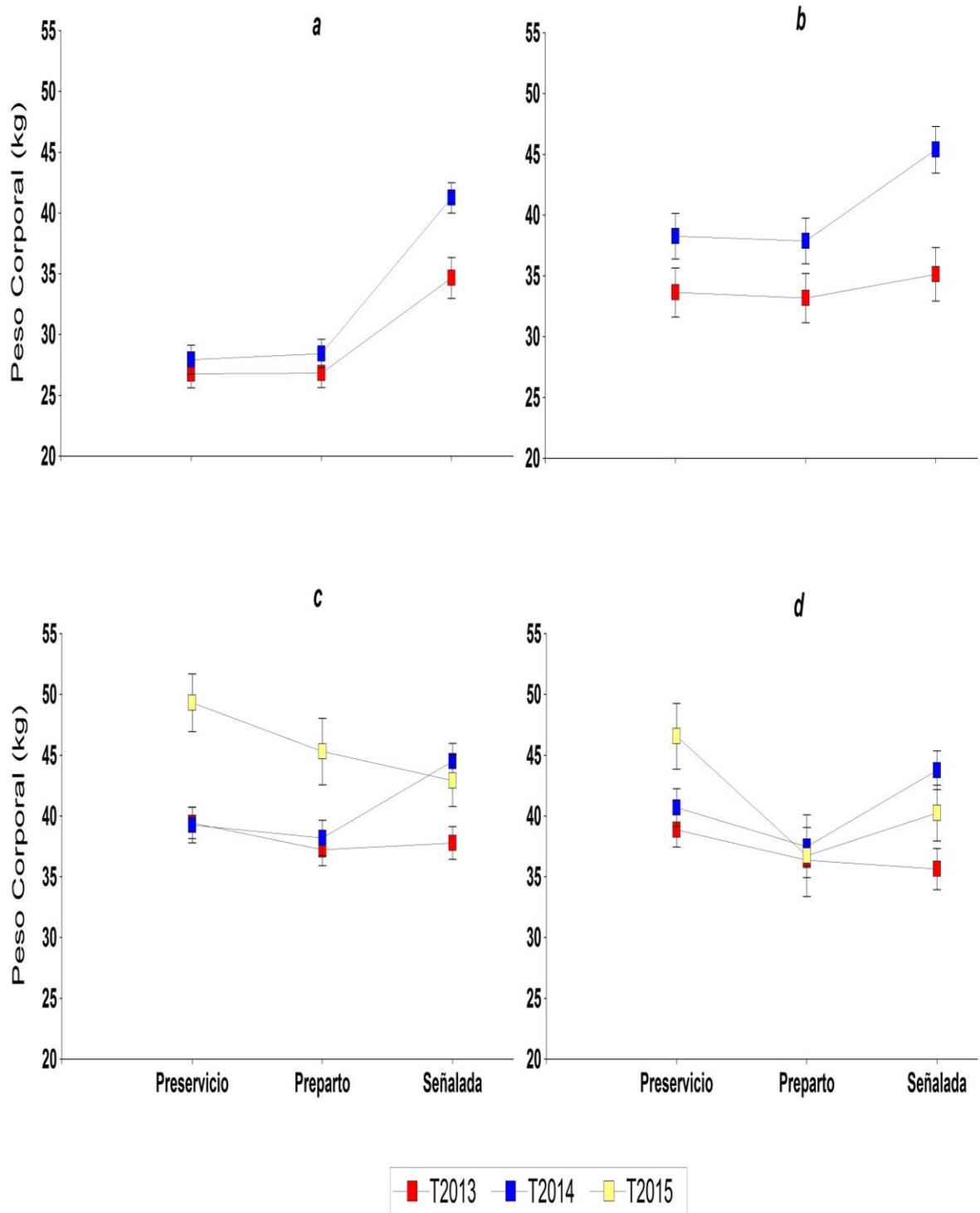


Figura 2.3: Peso corporal promedio ajustado por el modelo y error estándar (E.E.) de las categorías a: Corderas, b: Borregas, c: Adultas y d: Viejas en distintos momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y temporadas (2013, 2014 Corderas y Borregas y 2013, 2014, 2015 Adultas y Viejas).

Tabla 2.3: Resumen mostrando las diferencias significativas de la variable peso corporal entre los momentos para las diferentes Categorías (Corderas, Borregas, Adultas y Viejas) y temporadas. PS: Preservicio; PP: Parto; SE: Señalada. NS: Sin diferencias significativas. Nivel de significación: 0.05. SD: sin datos. En verde el tipo de comportamiento n°1: PC a la Señalada es mayor que al Preservicio y al Parto y no se visualizan diferencias o estas son muy pocas entre los dos últimos momentos mencionados y en Amarillo el tipo de comportamiento n°2: PC al Preservicio es mayor que al Parto y a la Señalada y no se visualizan diferencias significativas en el PC entre estos últimos dos períodos.

Temporada	Peso Corporal			
	Corderas	Borregas	Adultas	Viejas
2013	SE>PS	NS	PS>PP	PS>PP
	SE>PP		PS>SE	PS>SE
	PS≈PP		PP≈SE	PP≈SE
2014	SE>PS	SE>PS	SE>PS	SE>PS
	SE>PP	SE>PP	SE>PP	SE>PP
	PS≈PP	PS≈PP	PS>PP	PS>PP
2015	SD	SD	PS>PP	PS>PP
			PS>SE	PS>SE
			PP≈SE	PP≈SE

2.3.3. Estudio de la Condición Corporal (CC)

Tal como se explicó para PC, las comparaciones de promedios de CC entre momentos y temporadas deben realizarse a través de los promedios ajustados por el modelo. Estos promedios son los que se presentan en los gráficos de esta sección y en los párrafos siguientes. Las estimaciones se acompañan con su correspondiente error estándar entre paréntesis y en cursiva. La tabla de promedios observados para la CC se presenta a título informativo en el anexo 2.2 Tabla 2.2.1.

Del mismo modo que en el análisis inferencial del PC, para la CC se observó que en los cuatro modelos (Corderas; Borregas, Adultas y Viejas) la interacción, entre los factores momento y temporada, mostró significancia ($p \leq 0,0001$) razón por la cual se procedió a su apertura, comparando momentos dentro de cada nivel del factor temporada, analizándose los contrastes de interés.

En el caso de las Corderas, se observa que para los promedios ajustados de CC dentro de cada temporada, no hay diferencias significativas en 2013 entre los momentos Preservicio, Parto y Señalada ($p \leq 0,5097$), pero sí en 2014 ($p \leq 0,0001$). Para la temporada 2014, la Señalada presentó el mayor valor promedio con 3,30 (0,08) puntos, arrojando diferencias significativas de 0,50 (0,05) con el Preservicio y de 0,72 (0,05) con el Parto ($p \leq 0,0001$

en ambos casos). El Preservicio exhibió una diferencia significativa de 0,21 (0,03) puntos con el Preparto ($p \leq 0,0001$) (Figura 2.4 a; Anexo 2.2 Tabla 2.2.2).

En el caso de las Borregas la CC presentó diferencias significativas entre los momentos para ambas temporadas (2013 $p \leq 0,0184$; 2014 $p \leq 0,0001$). En la temporada 2013, el valor promedio más alto fue en el Preparto con 2,71 (0,07) puntos diferenciándose significativamente de la Señalada por 0,18 (0,06) puntos ($p \leq 0,0142$). El Preservicio presentó un valor promedio de 2,69 (0,07) puntos y solo se diferenció marginalmente por 0,15 (0,06) puntos de la Señalada ($p \leq 0,0512$). No se observaron diferencias significativas entre el Preservicio y el Preparto ($p > 0,9999$). Para la temporada 2014, la Señalada presentó el valor promedio más alto con 3,02 (0,07) puntos. Hubo diferencias significativas con el Preservicio en 0,22 (0,04) puntos y con el Preparto en 0,39 (0,04) puntos ($p \leq 0,0001$ en ambos casos). Entre el Preservicio y el Preparto hubo una diferencia de 0,16 (0,03) puntos ($p \leq 0,0001$) (Figura 2.4 b; Anexo 2.2 Tabla 2.2.3).

La CC en la categoría Adultas presentó diferencias significativas entre los momentos para las tres temporadas ($p \leq 0,007$). En la temporada 2013, el mayor valor promedio se presentó al Preservicio con 2,58 (0,06) puntos de CC, diferenciándose significativamente de la Señalada en 0,09 (0,03) puntos ($p \leq 0,0060$). Entre el Preparto y la Señalada hubo una diferencia marginal de 0,07 (0,03) puntos ($p \leq 0,0804$). En 2014, la Señalada presentó el mayor valor promedio con 2,99 (0,08) puntos de CC. Se diferenció significativamente del Preservicio en 0,53 (0,03) puntos y del Preparto en 0,65 (0,03) puntos ($p \leq 0,0001$ en ambos casos). Entre el Preservicio y el Preparto hubo una diferencia significativa de 0,13 (0,03) puntos ($p \leq 0,0001$). En 2015, el Preservicio exhibió un valor promedio de 2,76 (0,14) puntos siendo el mayor valor de los tres momentos y diferenciándose significativamente del Preparto en 0,27 (0,07) puntos ($p \leq 0,0002$). No hubo diferencias significativas entre el Preservicio y la Señalada ($p > 0,9999$) así como tampoco entre este último y el Preparto ($p \leq 0,5805$) (Figura 2.4 c; Anexo 2.2 Tabla 2.2.4).

La CC de la categoría Viejas presentó diferencias significativas entre los momentos para las tres temporadas (2013 y 2014 $p \leq 0,0001$; 2015 $p \leq 0,0248$). En la temporada 2013, el mayor valor fue al Preservicio, con un valor promedio de 2,30 (0,08) puntos de CC, diferenciándose significativamente 0,43 (0,07) puntos de la Señalada ($p \leq 0,0001$). No se observaron diferencias significativas entre el Preservicio y el Preparto ($p \leq 0,1693$). Entre el Preparto y la Señalada se halló una diferencia significativa de 0,35 (0,07) puntos ($p \leq 0,0001$). En 2014, la Señalada con 2,78 (0,09) puntos exhibió el mayor valor de la temporada, y mostró diferencias significativas de 0,35 (0,04) puntos con el Preservicio y de 0,53 (0,04) puntos respecto al Preparto ($p \leq 0,0001$ en ambos casos). Entre el Preservicio y

el Preparto hubo una diferencia significativa de 0,18 (0,04) puntos ($p \leq 0,0001$). Por último, para la temporada 2015, el Preservicio mostró el mayor valor promedio con 2,52 (0,15) puntos y se diferenció significativamente del Preparto ($p = 0,0245$) en 0,22 (0,08) puntos. No se encontraron diferencias entre el Preservicio y la Señalada ni tampoco entre este último y el Preparto ($p > 0,9999$ en ambos casos) (Figura 2.4 d; Anexo 2.2 Tabla 2.2.5).

En resumen, se pueden apreciar tres tipos de comportamientos de la condición corporal entre los distintos momentos asociados con las distintas temporadas en la mayoría de las categorías. El primero, de manera similar al análisis del PC, donde el valor promedio de CC a la Señalada es mayor que al Preservicio y al Preparto, y el promedio del Preservicio es mayor al del Preparto. Este comportamiento fue presentado por las cuatro categorías en 2014. El segundo, donde el valor promedio al Preservicio y al Preparto es mayor o igual que a la Señalada y donde no se observan diferencias entre los primeros dos. Este es el caso de las Borregas, Adultas y Viejas en 2013. El tercer tipo de comportamiento es aquel donde el valor promedio al Preservicio es mayor que al Preparto y no se observan diferencias entre el Preservicio y la Señalada ni entre este último y el Preparto. Este comportamiento se observó tanto en Adultas como en Viejas para la temporada 2015 (Tabla 2.4).

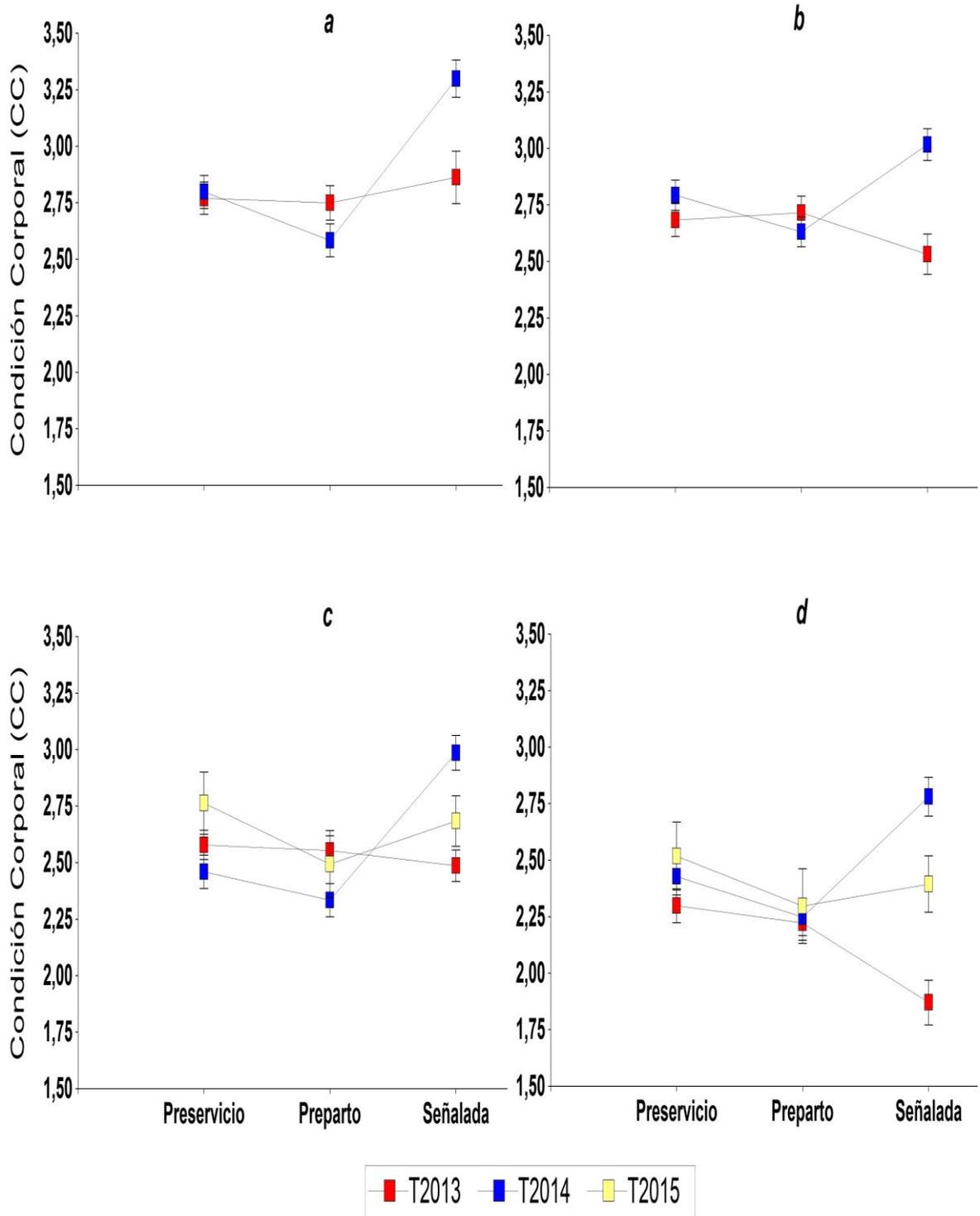


Figura 2.4: Condición corporal promedio ajustado por el modelo y error estándar (E.E.) de las categorías a: Corderas, b: Borregas, c: Adultas y d: Viejas en distintos momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y temporadas (2013, 2014 Corderas y Borregas y 2013, 2014, 2015 Adultas y Viejas).

Tabla 2.4: Resumen mostrando las diferencias significativas de la variable Condición Corporal (CC) entre los Momentos para las diferentes Categorías (Corderas, Borregas, Adultas y Viejas) y Temporadas. PS: Preservicio; PP: Preparto; SE: Señalada. NS: Sin diferencias significativas ($p>0,05$). SD: sin datos. En verde el tipo de comportamiento n°1: CC a la Señalada es mayor que al Preservicio y el Preparto, y la CC Preservicio es mayor que al Preparto. En Amarillo el tipo de comportamiento n°2: CC al Preservicio y el Preparto es mayor o igual que la Señalada y donde no se observan diferencias entre los primeros dos. En Rosa el tipo de comportamiento n°3: CC al Preservicio es mayor que el Preparto y no se observan diferencias entre el Preservicio y la Señalada ni entre este último y el Preparto.

	Condición Corporal			
	Corderas	Borregas	Adultas	Viejas
Temporada				
2013	NS	PS≈PP	PS≈PP	PS≈PP
		PS≥SE	PS≥SE	PS≥SE
		PP>SE	PP>SE	PP>SE
2014	SE>PS	SE>PS	SE>PS	SE>PS
	SE>PP	SE>PP	SE>PP	SE>PP
	PS>PP	PS>PP	PS>PP	PS>PP
2015	SD	SD	PS>PP	PS>PP
			PS≈SE	PS≈SE
			PP≈SE	PP≈SE

2.4 Discusión y conclusiones

2.4.1. Estructura de las majadas

El conocimiento de la distribución de edades en una majada, mediante la observación de la cronología dentaria, permite establecer el grado de “envejecimiento” de la misma y estimar en qué medida deberían realizarse las reposiciones anuales de las hembras (Cueto *et al.*, 2015). Es importante mantener una buena distribución en la estructura de edades de la majada, asegurando un porcentaje anual de reposición de Borregas de alrededor del 20%. De esta manera, se podría renovar toda la majada cada cinco años, evitando así la categoría Viejas que introduce ineficiencias en el sistema. Debido a la alta variabilidad climática de la región, se hace difícil mantener ese valor de reposición observándose situaciones como las indicadas por la figura 2.1. donde la composición etaria varió en los tres años de estudio. Dado que la magnitud de pérdidas anuales es muy variable entre categorías, y depende de múltiples factores, las majadas presentan reposiciones anuales variables según la vida productiva de la oveja y el porcentaje de pérdidas.

La escasa cantidad de Borregas en 2013 que en porcentaje fue de alrededor de 10 % podría estar indicando el efecto de la ceniza volcánica caída en 2011, debido a que su nacimiento coincidió con la erupción del volcán Puyehue cordón Caulle.

Por otro parte, la alta presencia de Viejas cercana al 20% en 2014 y 2015, podría estar indicando que los productores retuvieron vientres dada la gran pérdida de animales que provocó la ceniza volcánica acumulada en el centro y oeste de la región en el 2011. Este hecho podría haber provocado que la reposición de Borregas fuese aún más difícil debido a la menor eficiencia productiva de las Viejas respecto de las Adultas (ver sección 2.4.2.).

En el año 2015, se puede apreciar una clara reposición por pulso ya que el porcentaje de Corderas al Preservicio superó el 30%. Este alto porcentaje de corderas disminuyó a menos del 20% a la Señalada del mismo año, lo que podría estar evidenciando pérdidas invernales de dicha categoría.

2.4.2. *Peso corporal y Condición corporal de la majada*

Existen estudios previos que evalúan la CC y el PC de ovejas madres en establecimientos de Río Negro para distintos momentos del ciclo productivo (por ejemplo: Villagra 2005, Giraudo y Villar 2010). Villagra (2005) presentó una CC promedio de 2,4 y un PC promedio de 43,7 kg para ovejas adultas de 23 establecimientos del norte de la Patagonia en el momento del Preparto. Giraudo y Villar (2010) presentaron la CC de ovejas adultas al Preservicio y al Preparto obtenidos en un muestreo en establecimientos de Río Negro, que abarcó distintos años y regiones ecológicas. En el mismo, para el momento del Servicio, la CC promedio de los distintos establecimientos se ubicó entre 2 y 3 puntos. En cuanto al Preparto, mostraron que en promedio la CC fue más baja que al servicio.

Nuestra información coincide con la presentada por Giraudo y Villar (2010) y de manera parcial con la de Villagra (2005). En la figura 2.4 c-d y Tabla 2.4 se puede observar que la CC promedio de las Adultas y Viejas fue mayor al Preservicio que al Preparto en las temporadas 2014 y 2015 e igual en la del 2013. Los valores de CC promedio para todas las temporadas al Preservicio fue de 2,6 a 2,4 y al preparto de 2,4 a 2,3 para Adultas y Viejas respectivamente (Anexo 2.2 Tablas 2.2.4 y 2.2.5), observándose una disminución cercana a 0,25 puntos al Preparto para ambas categorías y coincidiendo con lo expuesto por Giraudo y Villar (2010). El valor de 2,4 puntos al Preparto presentado por Villagra (2005) solo sería alcanzado por las Adultas. En cuanto a los valores de PC presentados por este autor, nuestra información nos indica que las ovejas Adultas solo superaron ese PC durante el Preparto de la temporada 2015. Esto podría explicarse debido a que en ese trabajo se

midió una sola temporada, la cual podría pertenecer a un año benigno donde el PC llegó a un valor más alto como es el caso de la temporada 2015 de esta tesis.

Para las Borregas medidas al momento del Servicio, Giraudo y Villar (2010) mostraron una CC de 2,1 a 3 puntos y un PC entre 26 y 47 kg. En ese estudio se observa que la CC no sigue el mismo comportamiento que el PC, provocando que muchas veces las Borregas no alcancen el peso mínimo para quedar preñadas y en otras situaciones les falte CC para lograrlo. En el mismo sentido, en un estudio sobre reproducción en ovinos, Gibbons (1996) recomendó para esta región, que las Borregas deben alcanzar un buen estado de desarrollo previo al servicio, con una CC mínima de 2,5 puntos y un PC mayor a 35 Kg, debido a que cuando una de esas condiciones no se cumple se ve afectada la tasa de preñez de esta categoría. Nuestra información muestra un comportamiento similar entre CC y PC para la temporada 2014 y, que resulta menos claro en 2013 debido a que no se encontraron diferencias para la variable peso corporal ese año. En cuanto a los valores propuestos por Gibbons (1996), las Borregas de este análisis alcanzan los niveles de PC y CC recomendados (Figura 2.3 b; Figura 2.4 b; Anexo 2.1 Tabla 2.1.5).

Los animales más jóvenes, de mejor dentición, tienen mejor CC en un momento determinado, comparado con animales adultos y viejos (medio diente o diente gastado) y es interesante acompañar al diagnóstico de CC con un “boqueo” (evaluación del estado dentario) de la majada, para tomar decisiones con aquellos animales muy flacos y/o sin dientes (Villar y Zimmerman 2010). Nuestros datos coinciden con la bibliografía, debido a que las Corderas y Borregas siempre presentaron mejor CC que las Adultas y las Viejas en los distintos momentos (Figura 2.4).

Por otro lado, se sabe que las ovejas Viejas tienen menor eficiencia reproductiva que el resto de la majada. En condiciones ambientales severas estos animales, de dientes gastados, manifiestan una caída del estado corporal debido a la incapacidad de poder alimentarse correctamente condicionando así la sobrevivencia de las crías e incluso de ellas mismas (Gibbons, inédito). Es de esperar, que ovejas Viejas con baja CC tengan una fertilidad de 50% menor respecto de ovejas con una buena CC (Buratovich 2010) y por lo tanto, es recomendable que ovejas con menos de medio diente se quiten de la majada (Gibbons, 1996). Nuestros datos muestran una CC promedio en las Viejas siempre menor a las Adultas (Anexo 2.2 Tabla 2.2.4 y 2.2.5), esto podría indicarnos que el desgaste de los dientes no les deja aprovechar el forraje de primavera tanto como a los animales más jóvenes.

El PC afecta marcadamente la fecundidad tanto de las ovejas Adultas como de las Borregas y en la raza Merino, un peso mínimo o crítico de 38 kg aumenta la tasa ovulatoria,

determinando un aumento en el porcentaje de ovejas melliceras y una disminución en el porcentaje de ovejas sin preñar (Fernández Abella y Formoso 2007). En nuestro estudio, este peso mínimo al Preservicio fue superado por las categorías reproductivas en todos los casos excepto en Borregas para la temporada 2013 (Anexo 2.1 Tabla 2.1.5, 2.1.6 y 2.1.7).

La evolución del PC previo al servicio (3 a 6 semanas) es de suma importancia, ya que determina la probabilidad de que las ovejas tengan ovulaciones múltiples. A esto se lo denomina “efecto dinámico” del peso y el mismo es positivo si las ovejas logran superar al servicio el peso mínimo o crítico (Fernández Abella y Formoso 2007). En nuestro caso, podemos apreciar, para las categorías reproductivas, que el PC promedio al Preservicio de una temporada particular es mayor a la Señalada de la temporada precedente. Esto podría estar indicando que las ovejas llegan al momento del Servicio ganando peso, lo que a su vez, tendría un efecto dinámico positivo sobre esta variable reproductiva (Figura 2.3 y Anexo 2.1 Tabla 2.1.5, 2.1.6 y 2.1.7).

Para el PC de los corderos a la Señalada, Giraud y Villar (2010) comunicaron valores que van de 15 a 29 kg entre mediados de diciembre y fines de enero para el área ecológica de Sierras y Mesetas. Por otro lado, Villagra (2005) publicó un PC promedio de 14,1 kg para el mismo momento sobre una muestra mayor a mil corderos y sin diferenciar entre sexos. Nuestro estudio arrojó un PC alrededor de 18 kg para este momento (Figura 2.3.2., Anexo 2.1 Tabla 2.1.3), ubicándose entre los valores informados por Giraud y Villar, y por encima de los de Villagra. Finalmente, si bien no se encontraron diferencias significativas en el PC de los machos Diente de leche para las distintas temporadas, se observa que el PC de éstos presenta un acompañamiento con el PC y la CC de las madres Adultas y Viejas a la Señalada (Figura 2.2, 2.3 c-d y 2.4 c-d). Para los tres años evaluados se puede apreciar que durante la temporada 2014 se registró el mayor PC y CC promedio para las madres y el mayor PC promedio para los machos Diente de leche a la Señalada, mientras que durante la temporada 2013 estos valores fueron los más bajos. Esto es coincidente con varios estudios que muestran que tanto el PC como la CC de las ovejas tienen un efecto directo sobre el peso al nacimiento y la posterior tasa de crecimiento de los corderos durante la lactancia (Giraud *et al.*, 2005; Villagra, 2005; Oldham *et al.*, 2011).

Es interesante destacar la diferencia del comportamiento del PC y la CC para las distintas temporadas. Se pudo observar que para la variable PC se observaron dos tipos de comportamientos que engloban a la mayoría de las categorías. El primero asociado a la temporada 2014 y el segundo a las temporadas 2013 y 2015. Estos comportamientos se diferenciaron aún mejor en la variable CC donde se pudieron observar tres tipos asociados

a las tres temporadas (Tabla 2.3 y 2.4). La razón de estos distintos comportamientos entre temporadas podría deberse a la interacción de múltiples factores asociados al clima y la vegetación. Las consecuencias posibles que estos tipos de comportamientos podrían tener sobre otros índices productivos como la tasa de parición, las muertes de corderos por inanición, la señalada, etc. son claras. Por ejemplo, en el tipo de comportamiento 1 donde el PC y la CC al Preservicio es mayor que al Preparto pero menor que a la Señalada, una consecuencia sería que la tasa de parición y señalada sean buenas y las muertes de corderos por inanición sean bajas debido a que estas variables crecieron luego del Preparto hasta la Señalada provocando pariciones con ovejas madres en buen estado corporal durante la parición y la lactancia por lo cual se encontrarían menores pérdidas de corderos por inanición y en última instancia una mayor tasa de Señalada. En cuanto al tipo de comportamiento 2 donde el PC y la CC disminuyen desde el Preparto hacia la Señalada, probablemente se daría la situación inversa, donde las muertes de corderos por inanición serían mayores debido al bajo estado nutricional de las ovejas madres durante la parición y la lactancia traduciéndose en una menor tasa parición y Señalada. El comportamiento 3 sería una situación intermedia entre el 1 y el 2 debido a que si bien se da una recuperación de la CC desde el Preparto a la Señalada no llega a ser tan grande como en el 1.

Finalizando, en el siguiente capítulo se evalúa la importancia relativa del clima, atributos de la vegetación, y también su representatividad espacial como controles de las variaciones regionales de la producción ganadera, ayudando a entender mejor como las variables climáticas y la vegetación afectan la producción ovina.

2.4.3 Conclusiones

En este capítulo se presentó información acerca del peso corporal y la condición corporal, dos variables muy importantes para los sistemas ganaderos de Patagonia Norte. Estas variables se evaluaron en momentos relevantes del ciclo productivo, aportando valiosos datos descriptivos para la región. También se presentó información acerca de la estructura etaria que permitió categorizar los animales y describir el grado de envejecimiento de la majada.

La composición etaria varió en los tres años de estudio, observándose una reposición de las majadas por “pulsos”, es decir, que solo se pudo apreciar una reposición en los años benignos. Una adecuada distribución etaria es importante para el mantenimiento de la majada a través de los años y cada categoría tiene distinta eficiencia reproductiva la cual debe considerarse a la hora de proyectar resultados productivos.

El PC y la CC en las distintas categorías (Corderas, Borregas, Adultas y Viejas) mostraron dinamismo entre los momentos y temporadas. Se logró comparar el PC y la CC para los distintos momentos dentro de cada temporada. Mientras el PC presentó un tipo de comportamiento asociado a la temporada 2014 y otro a las 2013 y 2015 para la mayoría de las categorías, la CC presentó un tipo de comportamiento para cada temporada. Futuras investigaciones deberían relacionar el comportamiento de estas variables con el clima y el ambiente al cual las majadas son expuestas.

El PC de las hembras y machos Diente de leche es una importante información para la región debido a que los estudios previos no diferenciaron entre el PC de las hembras y el de los machos. Esto nos permitió tener un valor de referencia de 17,60 y 18,28 kg para las hembras y machos respectivamente en el momento de la Señalada. Se observó un acompañamiento entre las variaciones anuales del PC y la CC de las madres a la Señalada y el PC de los machos Diente de leche. Se recomienda estudiar las relaciones entre el estado nutricional de las ovejas madres y de los corderos que permita ahondar en los diferentes comportamientos entre regiones ecológicas homogéneas (REH).

Se concluye que futuras investigaciones deberían concentrarse en estudiar el comportamiento de estas variables con el fin de modelar las curvas de las diferentes categorías en las distintas REH. Esto ayudaría a comprender mejor cómo funcionan los sistemas de producción, diseñar estrategias de manejo y programas regionales de intervención.

CAPÍTULO 3

EFFECTOS DIRECTOS E INDIRECTOS DEL CLIMA Y LA VEGETACIÓN COMO FACTORES DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN OVINA EN PATAGONIA NORTE.

3.1 Introducción

Las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas-secas son de gran importancia para la ganadería ya que representan el 78% de la superficie mundial dedicada al pastoreo (Asner *et al.*, 2004), soportando más del 50% del ganado doméstico del mundo (Puigdefabregas, 1998). Aproximadamente el 75% de la superficie de Argentina se corresponde con este tipo de ambiente, y una tercera parte se encuentra en Patagonia, donde principalmente se desarrolla la actividad ganadera ovina extensiva (Villagra *et al.*, 2013).

Los ecosistemas áridos se caracterizan por presentar una elevada variabilidad climática, con escasa y muy variable precipitación, temperaturas extremas, y una elevada evapotranspiración potencial (Whitford, 2002) afectando tanto a las poblaciones vegetales como animales (Benton *et al.*, 1995; Tuljapurkar, 1989).

La Patagonia es uno de los ecosistemas de pastizales naturales más extensos del mundo (Lauenroth, 1998). Presenta una importante heterogeneidad natural, dada principalmente por precipitaciones y temperaturas (Paruelo *et al.*, 1998), que afectan la magnitud y estacionalidad de la productividad primaria neta aérea (PPNA) y en consecuencia determina la disponibilidad de forraje restringiendo la capacidad de carga de los herbívoros (Oesterheld *et al.*, 1992). Sin embargo, el clima tiene un efecto diferencial sobre los movimientos anuales de los herbívoros en pastoreo, de acuerdo con la topografía, la distribución de las lluvias, el tipo de vegetación, entre otros, que condicionan según la escala de percepción, la selección de los sitios de pastoreo (Senft *et al.*, 1989; Texeira *et al.*, 2012).

En particular, el clima puede tener fuertes efectos directos e indirectos sobre las poblaciones de ovinos (Texeira *et al.*, 2012). Por un lado, afecta de manera directa la supervivencia de los corderos, sobre todo en las primeras horas de nacidos (Olaechea *et al.*, 1981; Bellati y von Thüngen, 1988; Coronato, 1999). Por el otro, tendría un efecto indirecto al influenciar la PPNA, la disponibilidad de forraje (Jobbágy *et al.*, 2002; Gaitán *et al.*, 2014), provocar un adelanto o retraso en la época de inicio de crecimiento de la vegetación (Jobbágy *et al.*, 2002), que estarían influyendo en el estado corporal de las ovejas madres en momentos críticos de su ciclo productivo, afectando en última instancia la tasa de parición efectiva o Señalada (Texeira *et al.*, 2008; Texeira *et al.*, 2012), la cual refleja el éxito productivo de un establecimiento.

Un enfoque adecuado para explorar y contrastar hipótesis sobre las relaciones causales del ambiente, la vegetación y los animales, que permitiría identificar los efectos directos e indirectos con datos observacionales es el análisis de senderos (“path analysis”) y los

modelos de ecuaciones estructurales (SEM, de sus siglas en inglés Structural Equation Modelling) (Pugesek *et al.*, 2003). Las variables pueden aparecer como predictores y respuestas. Al permitir que una variable sirva como una respuesta en un camino y como un predictor en otro, SEM es útil para hipotetizar y cuantificar efectos indirectos o en cascada que de otro modo pasarían desapercibidos en cualquier modelo único (Grace *et al.*, 2007; Lefcheck, 2016). Estos análisis consisten en la evaluación de modelos *a priori* desarrollados para comprender cómo múltiples factores afectan a una variable de interés (Grace, 2006). El modelo *a priori* se basa en el conocimiento generado en estudios anteriores, tanto experimentales como observacionales, realizados en varios ecosistemas de zonas áridas del mundo (Gaitán *et al.*, 2014). De acuerdo al conocimiento actual, se propuso un modelo *a priori* que muestra las relaciones hipotéticas entre las variables (Figura 3.1).

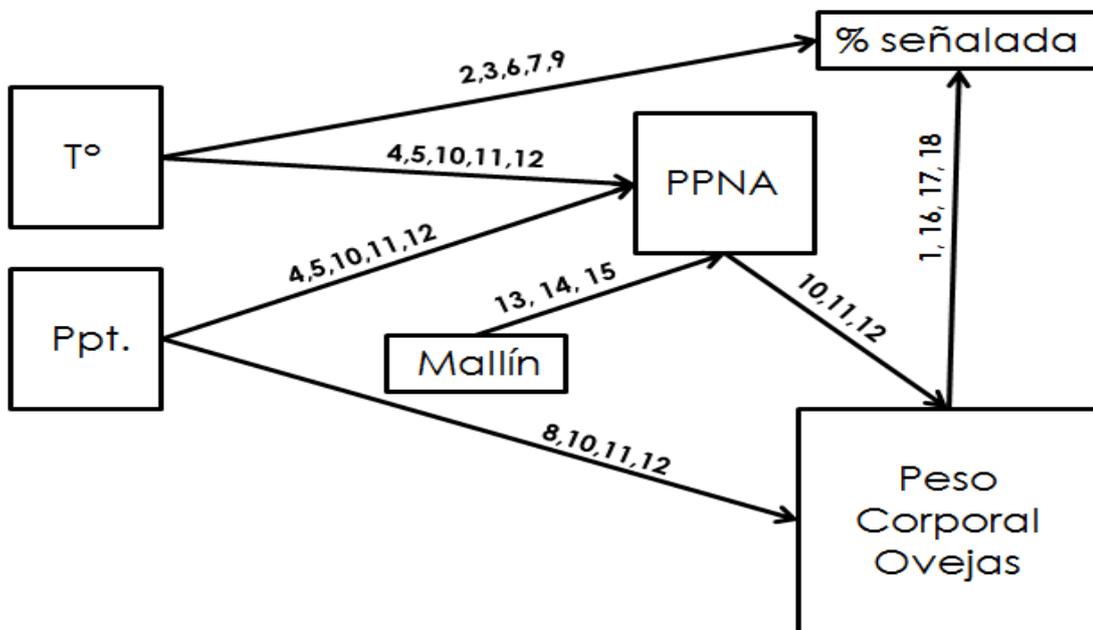


Figura 3.1: Modelo conceptual *a priori* que representa el camino por el cual las variables climáticas y la productividad primaria pueden influir directa o indirectamente sobre atributos de la productividad secundaria. Las flechas indican una hipotética relación causal de una variable sobre otra. Los números sobre las flechas indican algunos trabajos que soportan nuestras relaciones hipotéticas. T°: Temperatura. Ppt.: precipitación. PPNA: Productividad primaria neta aérea. Mallín: porcentaje de la superficie del establecimiento ocupada por mallines. 1: Villagra, 2005; 2: Hall y Paruelo, 2006; 3: Coronato, 1999; 4: Jobbágy *et al.*, 2002; 5: Gaitán *et al.*, 2014; 6: Olachea *et al.*, 1981; 7: Bellati y von Thüngen, 1988; 8: Irazoqui, 1981; 9: Teixeira *et al.*, 2012; 10: Pettorelli *et al.*, 2005 a,b; 11: Coté y Festa-Bianchet, 2001; 12: Langvatn *et al.*, 1996; 13: Ayesa *et al.*, 1999; 14: Jouve, 2003; 15: Buono *et al.*, 2010; 16: Giraudo y Villar, 2010; 17: Cueto, 2015; 18: Kelly, 1992.

Debido a la dificultad que significa separar las influencias climáticas y no climáticas sobre el funcionamiento de los ecosistemas a escala regional, cuando los factores de control de

las variables de interés co-varían, utilizamos SEM el cual nos permite considerar los posibles efectos de la co-variación entre estos factores. Esta metodología se está utilizando en la actualidad con más frecuencia, cuando se pretende separar efectos directos e indirectos que ejercen los factores de control sobre las variables de interés (Grace, 2006; Jonsson y Wardle, 2010; Grace *et al.*, 2010). En especial, cuando se trata de gradientes geográficos regionales y globales donde el clima tiene una influencia tanto sobre los atributos estructurales como funcionales de los ecosistemas (Delgado-Baquerizo *et al.*, 2013; Bowker *et al.*, 2013, Carnicer *et al.*, 2014, Cavieres *et al.*, 2014). Respecto a los análisis convencionales donde se evalúan relaciones univariadas, los SEM presentan ventajas, ya que los primeros pueden llevar a cometer errores de interpretación cuando las variables no son totalmente independientes (Bai *et al.*, 2007 y Ma *et al.*, 2010). En este contexto, los análisis univariados presentan dos problemas. El primero es que no se analizan y no se resuelven las covarianzas entre las variables explicativas que interactúan y el segundo es la imposibilidad de asignar una capacidad explicativa única a los factores individuales (Grace y Bollen, 2005).

Distintos experimentos manipulativos han sido llevados a cabo en la Patagonia para analizar el efecto del clima sobre atributos estructurales de los ecosistemas (Sala *et al.*, 1989; Golluscio *et al.*, 1998b; Yahdjian y Sala, 2006), pero debido al costo y la mano de obra que este tipo de estudios representa, solo se han realizado a escala local imposibilitados de replicarlos a escala regional. Por lo tanto, entendiendo que los SEM no pueden reemplazar los experimentos, y que la definición de relaciones causa-efecto a partir de datos observacionales, como los nuestros, es dificultosa (Grace, 2006), a través de esta técnica y formulando un modelo *a priori* robusto basado en teorías sólidas y antecedentes previos, podríamos separar los efectos directos e indirectos del clima y la estructura de la vegetación sobre la PPNA, el Peso Corporal y la Señalada en los ecosistemas estudiados.

Comprender como las variables climáticas y la vegetación afectan la producción ovina es de vital importancia para el desarrollo de estrategias de manejo e implementación de políticas de extensión estatales. En este estudio se evaluó la importancia relativa del clima y atributos de la vegetación como controles de la variación regional de la producción ovina. Para ello, aprovechamos la heterogeneidad en la estructura de la vegetación y la amplia variación climática que se encuentran en los pastizales naturales del norte de la Patagonia. Esto posibilitará trabajar en el desarrollo de modelos predictivos referidos a la productividad de los establecimientos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar las relaciones entre la temperatura, la precipitación y atributos de la vegetación con el peso corporal de las ovejas previo al servicio (Preservicio) y como éstas influyen el porcentaje de Señalada.

3.2 Materiales y métodos

3.2.1. Área de estudio

Se estudiaron 23 establecimientos ganaderos del norte de la Patagonia, ubicados en un área de aproximadamente 9 millones de hectáreas en la provincia de Río Negro (Figura 1.1). La vegetación del área está dominada por estepas gramíneas, estepas arbustivo-gramíneas, arbustales y semidesiertos (Soriano, 1956; León *et al.*, 1998). Los suelos dominantes son de texturas arenosas y franco-arenosas y pertenecen principalmente a los órdenes Aridisoles y Entisoles (del Valle, 1998). La precipitación y la temperatura media anual se hallan entre 150 y 800 mm y entre 8°C y 13°C, respectivamente (Godagnone y Bran, 2009). El pastoreo con ovinos es el uso antrópico más extendido en la región (Villagra y Giraudo, 2010).

3.2.2. Datos climáticos

Se obtuvieron mapas mensuales de precipitación a lo largo del área de estudio desde enero 2012 hasta diciembre 2015 mediante la interpolación de datos de precipitación mensual de estaciones meteorológicas y registros de campos de productores de la región utilizando el método Ordinary Kriging (Goovaerts, 1997). A partir de estos mapas, se extrajeron los datos de precipitación mensual estimada para cada establecimiento ganadero en estudio (Figura 3.2).

Las temperaturas máximas, mínimas y medias para cada establecimiento se estimaron utilizando el producto del sensor MODIS "Land Surface Temperature (LST) and Emissivity" (MOD11A2), que proporciona estimaciones de temperatura del día y la noche con una resolución espacial de un kilómetro cada ocho días (Wan y Li, 1997). Las estimaciones de temperatura derivadas de MOD11A2 son un muy buen indicador de la temperatura registrada en estaciones climáticas del área de estudio ($r^2 = 0,93$) (Gaitán *et al.*, 2011a).

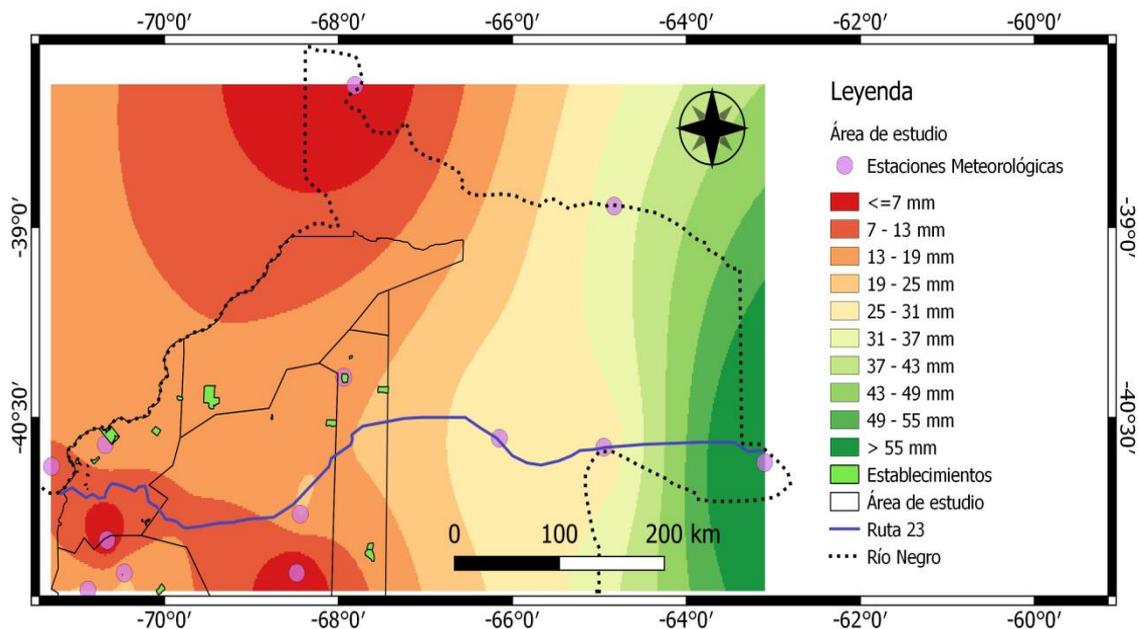


Figura 3.2: Mapa de la distribución de estaciones meteorológicas a partir de las cuales se realizaron las estimaciones mensuales de precipitación para cada establecimientos. A modo de ejemplo, la figura muestra el mapa obtenido con el método de interpolación Ordinary Kriging para el mes de abril 2012.

3.2.3. Datos de índices de vegetación

Para este estudio se utilizaron datos de IVN, como *proxy* de la PPNA, del producto MOD13Q1 derivados del sensor MODIS (de sus siglas en inglés: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), que orbita a bordo del satélite TERRA. El satélite TERRA recorre la superficie terrestre diariamente y registra la reflexión de la Tierra en 36 porciones del espectro electromagnético. Para el cálculo del IVN se utilizaron las bandas correspondientes a la porción del rojo (R, 620-670 nm) y del infrarrojo cercano (IR, 841-876 nm) del espectro electromagnético: $IVN = (IR - R) / (IR + R)$ (Rouse *et al.*, 1973).

Las imágenes del producto MOD13Q1 tienen una resolución espacial de 250 metros (tamaño de pixel: 6,25 hectáreas) y comprenden el período desde febrero de 2000 hasta la actualidad con una resolución temporal de 16 días (23 imágenes por año). Cada una de estas imágenes está geométrica y atmosféricamente corregida.

Para el área de cada establecimiento ganadero se calculó la media del IVN en cada una de las 23 fechas del año, para los años 2012, 2013, 2014 y 2015.

3.2.4. Porcentaje de mallines

Se utilizaron imágenes de alta resolución espacial de la plataforma Google Earth. Se marcaron los polígonos de los mallines y se calculó su área y la proporción respecto al área total de cada establecimiento mediante el programa Qgis 2.8.1.

3.2.5. Datos del Peso corporal y Señalada

A partir del año 2013 hasta el 2015 se registraron los datos del peso corporal (PC) de las ovejas madres al momento del Preservicio (Abril y Mayo) con una edad de 2 a 5 años (cuatro dientes a medio diente) en 23 establecimientos ganaderos de la región (Tabla 1.1). El PC se midió de manera individual con una jaula ubicada sobre una balanza digital. El porcentaje de animales evaluados por establecimiento fue del 20% al 100% de la majada en cada momento medido. Fueron pesadas 2511 ovejas madres para el total de los 23 establecimientos y se analizó el promedio de PC por establecimiento.

Con los registros de animales medidos en los momentos del Preservicio y la Señalada (Diciembre-Enero), se procedió a calcular el porcentaje de Señalada según la siguiente ecuación:

$$S(\%) = n^{\circ} \text{ cdr} / n^{\circ} \text{ Om} * 100$$

Dónde:

S(%): Es el porcentaje de Señalada

n° cdr: número de corderos/as al finalizar el período de parición.

n° Om: número de ovejas madres que entraron al servicio.

3.2.6. Análisis estadístico

Se utilizaron Modelos de Ecuaciones Estructurales con variables observables para evaluar la importancia relativa y los efectos directos/indirectos del clima y atributos de la vegetación como controles de las variaciones en la producción ovina. Previamente se realizó un análisis exploratorio de los datos en el cual se analizó mediante análisis de correlación la relación entre las variables predictoras (climáticas e IVN) de diferentes períodos del año y las variables respuesta (PC y Señalada). De acuerdo a los resultados del análisis exploratorio se seleccionaron las variables que integraron el SEM (Anexo 3.1: Tablas 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4 y 3.1.5). A partir del modelo *a priori* propuesto se utilizaron criterios estadísticos para seleccionar la amplitud de las variables climáticas e IVN.

De acuerdo al conocimiento actual, se propuso un modelo *a priori* que muestra las relaciones hipotéticas entre las variables (Figura 3.1) y se probó su ajuste a nuestros datos. Los análisis se realizaron con software R versión 3.3.3 (R Core Team 2017), paquete SEM por pasos basado en modelos mixtos (en inglés PiecewiseSEM) (Lefcheck, 2016), asumiendo distribuciones normales para las variables.

3.3. Resultados

El modelo *a priori* SEM explicó el 72% de la variación del IVN y entre el 55% y el 52% de la variación hallada en el peso corporal (PC) y la Señalada, respectivamente. El SEM por pasos basado en modelos mixtos reprodujo bien los datos basándose en la comparación del estadístico C de Fisher con una distribución χ^2 (Figura 3.3).

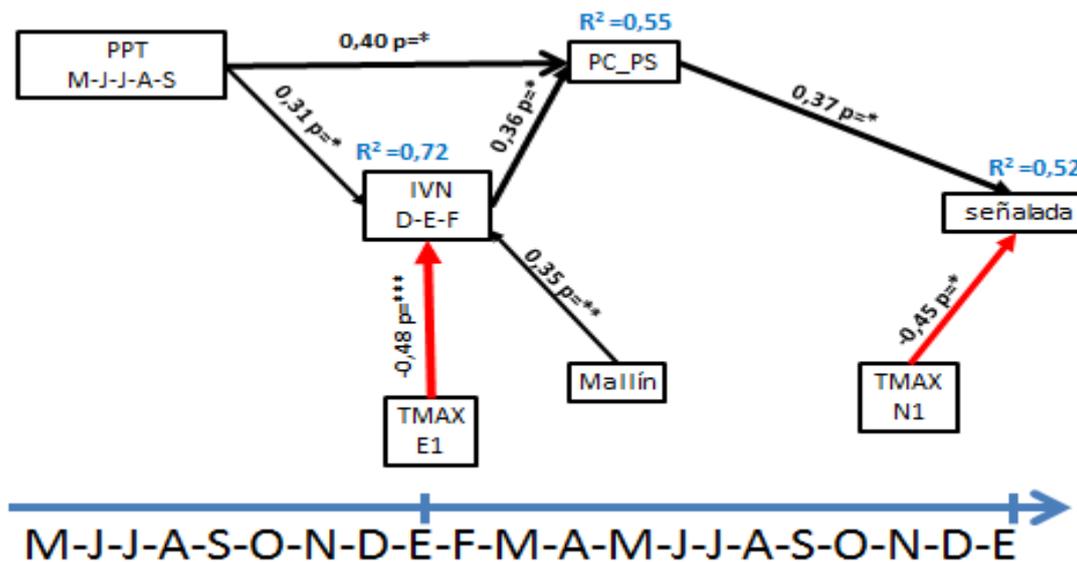


Figura 3.3: Modelo de ecuaciones estructurales por pasos. Las flechas indican una influencia causal hipotetizada de una variable sobre otra. Los números sobre las flechas indican el peso de las regresiones estandarizadas y su p-valor. El ancho de las flechas es proporcional al peso de las regresiones. Flechas negras indican relaciones positivas y significativas y flechas rojas relaciones negativas y significativas. El R^2 sobre las variables respuesta indica la proporción de varianza explicada. La flecha celeste indica los meses del año. PPT M-J-J-A-S: Precipitación acumulada de mayo-septiembre; IVN D-E-F: índice de vegetación normalizado promedio de diciembre año n a febrero año n+1; TMAX E1: Temperatura máxima media de enero del año n+1; Mallín: porcentaje de la superficie del establecimiento ocupada por mallines; PC_PS: Peso Corporal promedio de las ovejas cuatro dientes a medio diente en el momento del Preservicio; Señalada: porcentaje de corderos vivos terminada la parición/madres que entraron al servicio; TMAX N1: Temperatura máxima media de noviembre del año n+1. C (estadístico C de Fisher) = 14,71, P = 0,55. *P < 0.05; **P < 0.01; ***P < 0.001.

3.3.1. Relación del clima y el porcentaje de mallines con el IVN

La precipitación de fin de otoño e invierno (mayo a septiembre) y el porcentaje de mallines se relacionaron de manera directa y positiva con el IVN de fin de primavera y verano (D-E-F). Mientras que la temperatura máxima de enero, se relacionó de manera directa y negativa con la misma variable respuesta (Figura 3.3 y 3.4).

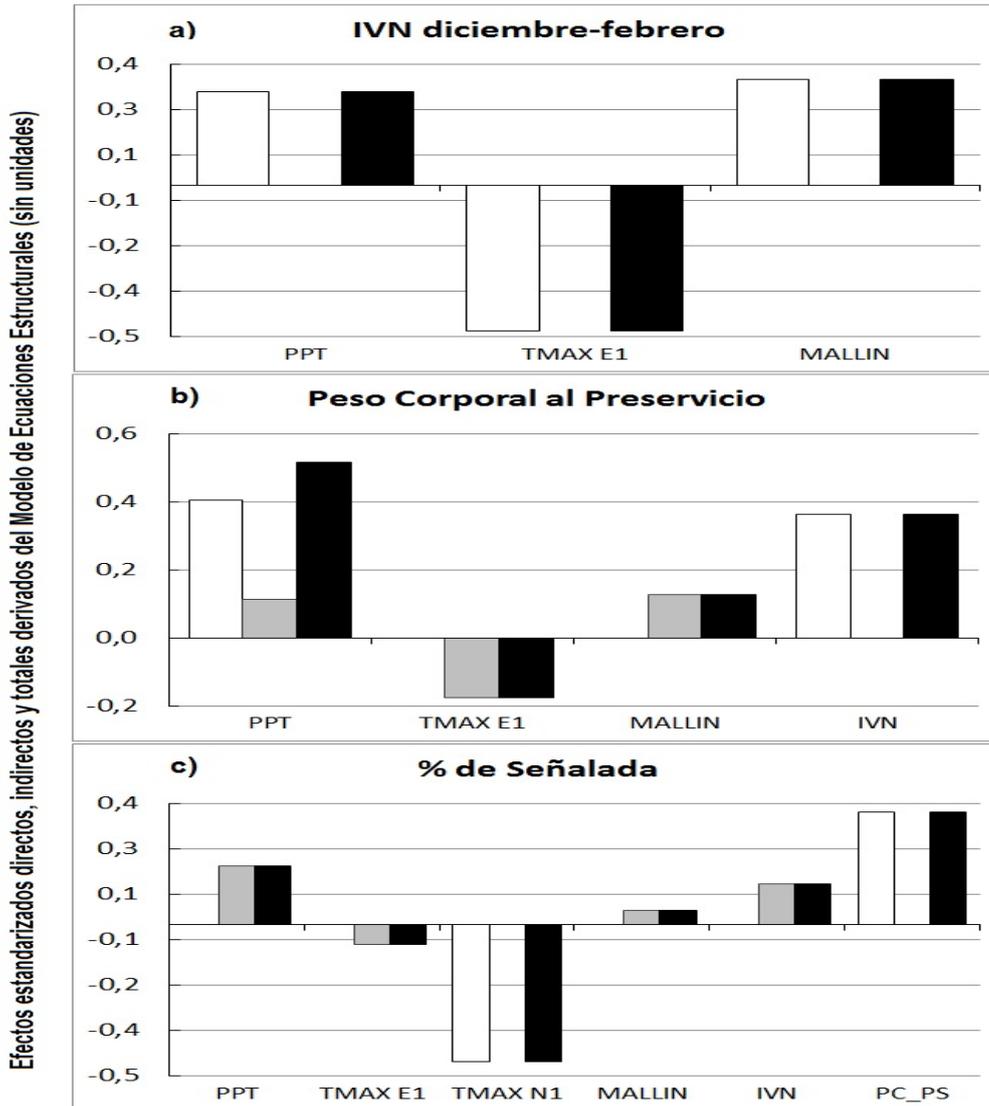


Figura 3.4: Efectos estandarizados directos (blanco), indirectos (gris), y totales (negro) de la precipitación acumulada de mayo-septiembre (PPT), Temperatura máxima media de enero del año n+1 (TMAX E1), Temperatura máxima media de noviembre del año n+1 (TMAX N1), porcentaje de mallín de cada establecimiento (MALLIN), índice de vegetación normalizado promedio de diciembre año n a febrero año n+1 (IVN), Peso Corporal Preservicio (PC_PS) sobre a) IVN diciembre-febrero b) Peso Corporal al Preservicio y c) % de Señalada.

3.3.2. Efectos directos, indirectos y totales del clima y la vegetación sobre el PC Preservicio y la Señalada.

El efecto estandarizado total obtenido del SEM mostró que la precipitación de fin de otoño e invierno y el IVN de fin de primavera y verano fueron los principales controles de las variaciones en el PC de las Ovejas al Preservicio (0,52 y 0,36 respectivamente). La temperatura máxima de noviembre y el PC Preservicio tuvieron los mayores efectos totales sobre la Señalada (-0,45 y 0,37 respectivamente). La precipitación de fin de otoño e invierno (0,19) y el IVN de fin de primavera y verano (0,14) tuvieron valores algo menores sobre la Señalada (Figura 3.3 y 3.4).

Aproximadamente el 78% del efecto que tuvo la precipitación de fin de otoño e invierno sobre el PC Preservicio fue directo y un 22% indirecto. El porcentaje de mallín presentó una relación positiva e indirecta sobre el PC Preservicio (0,13), mientras la temperatura máxima de enero lo hizo de manera negativa e indirecta (-0,18). Las tres variables que presentaron una relación indirecta con PC Preservicio estuvieron mediadas por la relación con el IVN de fin de primavera y verano (Figura 3.3 y 3.4).

La temperatura máxima de noviembre del año $n+1$ (TMAX N1) así como la de enero del año $n+1$ (TMAX E1) presentaron una relación negativa con la Señalada. Mientras el efecto de la TMAX E1 fue bajo e indirecto, el de la TMAX N1 fue alto y directo (-0,45). El PC Preservicio mostró una relación directa y positiva con la Señalada, siendo la segunda más importante en valor (0,37). En cuanto a la Precipitación de fin de otoño e invierno, el IVN de fin de primavera y verano y el porcentaje de mallines, tuvieron un pequeño efecto positivo e indirecto sobre la Señalada, mediado a través del PC preservicio (Figura 3.4.).

3.4. Discusión y conclusiones

Nuestros resultados proporcionan un avance en el conocimiento de las relaciones entre el clima, atributos de la vegetación y la producción ovina, difícil de obtener mediante experimentos factoriales a pequeña escala o estudios empíricos bivariados. De acuerdo a nuestra hipótesis, hallamos que el Peso Corporal al Preservicio de las ovejas madres explicó una porción significativa y única (es decir, independiente de la explicada por el clima y la vegetación) de la variabilidad hallada en la Señalada a escala regional, la cual fue casi tan importante como el clima. Estos resultados nos dan la pauta de que se debe tener en cuenta el peso corporal de las ovejas madres cuando se modela la Señalada. Los resultados nos sugieren que el impacto humano, por ejemplo a través del manejo del pastoreo o suplementaciones estratégicas para aumentar el peso de las ovejas madres, pueden tener un fuerte impacto en la Señalada como ya fue propuesto por distintos autores que trabajaron en la región (Villagra, 2005; Giraudo, 2010; Giraudo y Villar, 2010).

3.4.1. Efectos del clima y el porcentaje de mallines con el IVN

Se encontró que el clima, a través de la precipitación de fin de otoño e invierno y la temperatura máxima de enero fueron importantes controles del IVN de fin de primavera y verano. El porcentaje de mallines tuvo una importancia similar a la precipitación de fin de otoño e invierno sobre el IVN de fin de primavera y verano. El clima (ppt y T°) y la estructura de la vegetación (% mallines) influenciaron el IVN de fin de primavera y verano, explicando el 72% de su variación.

La precipitación de fin de otoño e invierno tuvo un efecto directo y positivo en el IVN de fin de primavera y verano. Esto concuerda con varios autores que analizaron en Patagonia la relación entre el IVN de una estación determinada con la precipitación caída meses antes (Jobbágy *et al.*, 2002; Fabricante *et al.*, 2009; Gaitán *et al.*, 2014). Fabricante *et al.* (2009) encontraron, mediante análisis de series temporales, para 11 sitios distribuidos en todas las regiones ecológicas de la provincia de Río Negro, que el IVN promedio del período diciembre-febrero estaba positivamente relacionado con un período previo de precipitación. Estos lapsos de precipitación acumulada tenían una longitud de 1 a 11 meses, y en 8 de los 11 sitios, contenían la precipitación de los meses de mayo y/o de septiembre. Esto nos hace pensar que el período de precipitación fin de otoño e invierno (mayo a septiembre) elegido para nuestro análisis está bien fundamentado por la bibliografía existente.

La temperatura máxima de enero tuvo un importante efecto directo y negativo sobre el IVN de fin de primavera y verano. Epstein *et al.* (1996) también encontraron una relación negativa entre la temperatura y la productividad primaria, atribuyéndolo al aumento de las pérdidas de agua por evaporación directa desde el suelo al incrementarse la temperatura, lo cual reduciría la PPNA. Gaitán *et al.* (2014) encontraron un efecto negativo indirecto de la temperatura sobre la PPNA (estimada a través de sensores remotos) mediado por la cobertura de pastos. La evapotranspiración y el estrés por sequía se incrementan al aumentar la temperatura en ecosistemas limitados por agua, y esto podría explicar la relación negativa que encontramos entre la temperatura y el IVN de fin de primavera y verano.

El porcentaje de mallines de los establecimientos presentó un efecto directo y positivo sobre el IVN de fin de primavera y verano. Esto significa que habría mayor productividad de forraje en los campos con mayor porcentaje de mallines, algo que concuerda con otros trabajos de la región que informaron que los mallines producen cerca del 40-50% del forraje disponible a pesar de que ocupan cerca del 3% de la superficie (López *et al.* 2004; López *et al.* 2005). Esto se debe a que la mayor disponibilidad de agua en los mallines conlleva al desarrollo de comunidades vegetales azonales cuya PPNA es 10 a 20 veces la de las estepas circundantes (Bonvissuto y Somlo, 1997; Ayesa *et al.*, 1999). Gaitán *et al.* (2010) describieron tres comunidades vegetales asociadas a los mallines, las cuales responden principalmente a un gradiente longitudinal relacionado con las precipitaciones. La comunidad de plantas 1 está dominada por gramínoideas nativas (*Juncus balticus*, *Carex gayana* y *Eleocharis albibracteata*), acompañadas por un pasto exótico (*Poa pratensis*) y especies dicotiledóneas exóticas (*Taraxacum officinale* y *Trifolium repens*). Esta comunidad es la más importante para los herbívoros debido a su alta productividad y calidad de forraje. La producción de forraje de esta comunidad es de 4000-7000 kg MS ha⁻¹

¹ (Bonvissuto y Somlo 1998, Siffredi *et al.*, 2005a, Utrilla *et al.*, 2005). La comunidad de plantas 2 está dominada por un pasto nativo (*Festuca pallelescens*) acompañado de un graminoide nativo (*Carex subantarctica*). La producción de forraje de esta comunidad es de 1000-2000 kg MS ha⁻¹ (Bonvissuto y Somlo 1998, Siffredi *et al.*, 2005a, Utrilla *et al.*, 2005). La comunidad de plantas 3 está dominada por plantas tolerantes a la sal tales como las gramíneas *Distichlis scoparia*, *D. australis* y *Poa lanuginosa*, una hierba, *Nitrophila australis*, y el arbusto enano *Lycium repens*. La producción de forraje de esta comunidad es menor a 800 kg de MS ha⁻¹ (Bonvissuto y Lanciotti, 2002). Si comparamos la producción de forraje de estas comunidades con las estepas que las circundan, donde vemos producciones de forraje que van de 50 a 400 kg MS ha⁻¹ (Bonvissuto y Somlo, 1997; Siffredi y Becker, 1998; Siffredi *et al.*, 2005a; Siffredi *et al.*, 2005b) podemos apreciar la importancia de los mallines para los herbívoros en general y los ovinos en particular.

3.4.2. Efectos del clima y el IVN sobre el PC Preservicio

El clima y la vegetación explicaron el 55% de la variación en el PC Preservicio de las ovejas madres. La precipitación de fin de otoño e invierno y el IVN de fin de primavera y verano fueron los principales controles de las variaciones en el PC de las ovejas al Preservicio. En menor medida, y mediados a través del IVN de fin de primavera y verano, la precipitación de fin de otoño e invierno, el porcentaje de mallines y la temperatura máxima de enero tuvieron efectos indirectos, positivos para las primeras dos variables y negativo para la última.

La precipitación de fin de otoño e invierno presentó la relación más fuerte (directa y positiva) de todas las variables con el PC Preservicio, pero también una relación indirecta. Un aumento en la precipitación estaría asociado a cambios en la disponibilidad de agua de bebida y/o cantidad y calidad del forraje (Milchunas *et al.*, 1988, Texeira *et al.*, 2012). En este sentido, el efecto directo estaría asociado a la disponibilidad del agua de bebida y el efecto indirecto al forraje. La relación indirecta y negativa de la temperatura máxima de enero estuvo mediada por el IVN de fin de primavera y verano. Mayores temperaturas en esa época afectarían la cantidad y calidad del forraje a ser consumido por los animales.

El IVN de fin de primavera y verano presentó una relación (directa y positiva) de valor similar a la precipitación de fin de otoño e invierno. Esto indicaría que una mayor PPNA, y por ende, una mayor disponibilidad de forraje estaría asociada con un mayor PC Preservicio. Esto concuerda con otro estudio realizado en la zona, donde se encontró una relación significativa entre la producción de forraje (medida a través de censos a campo) y el peso corporal de las ovejas madres (Villagra, 2005). Esta relación fue constatada por

Irisarri *et al.* (2014) a nivel nacional para regiones semiáridas a subhúmedas, donde halló una relación positiva entre la biomasa de herbívoros y la PPNA.

3.4.3. Efectos del clima y el PC Preservicio sobre la Señalada

El clima y el PC Preservicio explicaron el 52% de la variación en la Señalada. Otros autores han estudiado la relación del PC de las ovejas madres durante distintos momentos clave del ciclo reproductivo de la oveja con la Señalada (Villagra, 2005; Giraud y Villar, 2010; Cueto, 2015) informando una relación positiva y significativa ($P < 0.05$) entre estas variables. El porcentaje de corderos señalados, un factor clave que determina el éxito económico de los establecimientos en la región, está altamente correlacionado con el PC de ovejas antes del parto, aumentando un 3,3% de Señalada por cada kg de peso adicional de la oveja (Villagra, 2005). Existe una diferencia de 300 g menos en el peso al nacimiento de corderos Merino provenientes de ovejas restringidas nutricionalmente durante la preñez respecto a corderos provenientes de ovejas sin restricción nutricional (Cueto *et al.*, 1995). En Australia, las diferencias en el PC materno (PC menos lana y feto) así como los cambios del PC materno durante la preñez y lactancia (perfiles de PC) en ovejas Merino, influyen predeciblemente en la producción de lana y la tasa de reproducción (Ferguson *et al.*, 2011). Además, el perfil de PC de las ovejas madres afecta el peso al nacimiento y supervivencia de sus corderos (Oldham *et al.*, 2011), como también el PC al destete de estos últimos (Thompson *et al.*, 2011a), el peso de lana limpia y el diámetro de la fibra durante toda su vida (Thompson *et al.*, 2011b). Estas respuestas de la oveja y su progenie fueron insumos para el modelado bioeconómico diseñado por Young *et al.* (2011), el cual indica que manejar la nutrición de la oveja para lograr perfiles específicos de PC durante la preñez, podría conducir a mejoras sustanciales en el ingreso económico de los establecimientos ganaderos, particularmente si se logra junto con cargas animales más altas.

La temperatura máxima de noviembre del año $n+1$ presentó una fuerte relación directa y negativa con la Señalada. Esto indicaría que las mayores temperaturas en ese período estarían asociadas negativamente con la Señalada. La exposición de las ovejas a una elevada temperatura ambiente causa deterioros de funciones reproductivas y provoca una serie de cambios drásticos en las funciones biológicas de los animales, que incluyen una disminución en la eficiencia y utilización de la ingesta de alimentos, alteraciones en el metabolismo del agua, proteínas, energía y balance mineral, reacciones enzimáticas, secreciones hormonales y metabolitos de la sangre. Tales cambios dan lugar al deterioro del rendimiento de la producción y de la reproducción (Marai *et al.*, 2007).

3.4.4. Conclusiones

Un aspecto novedoso en este estudio fue la utilización del peso corporal de las ovejas medido a campo. Los estudios multivariados previos que vincularon el clima y/o atributos de la vegetación con la Señalada no utilizaron el PC tomado en algún momento clave del ciclo reproductivo de las ovejas. Como se pudo observar en nuestro caso, el efecto de la vegetación sobre la Señalada se produciría a través del PC de las Ovejas.

Nuestros resultados nos permiten teorizar las implicancias que el cambio climático podría causar en la producción ganadera de la región. Los modelos regionales de cambio climático que incluyen la Patagonia predicen una disminución de las precipitaciones y un incremento de las temperaturas (Nuñez *et al.*, 2009; Barros y Camilloni, 2016). Los sistemas ovinos de Patagonia norte se verían afectados por la disminución de la productividad primaria, el peso corporal de los animales y la Señalada debido a que están asociados positivamente a la precipitación y negativamente a la temperatura de acuerdo con nuestro estudio.

Las medidas de manejo necesarias para mitigar estos efectos podrían ser una suplementación estratégica para aumentar el PC de las ovejas previo al servicio o bien proteger a las madres de las temperaturas elevadas durante la época de parición y lactancia temprana (TMAX N1) a través de reparos con sombra como los cobertizos. Estas medidas podrían tener un impacto positivo sobre la Señalada y de esta manera sobre los ingresos totales de los establecimientos.

Investigaciones futuras deberían corroborar este modelo con un nuevo conjunto de datos y con un mayor número de establecimientos. El modelo podría complejizarse con otro tipo de variables que aumenten la variabilidad explicada por ejemplo, la depredación o la velocidad del viento en épocas de parición.

CAPÍTULO 4

DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES

En este capítulo se realiza una discusión general de los principales resultados hallados en los capítulos precedentes. Se analiza la contribución al conocimiento de las asociaciones entre el clima, la vegetación y la producción ganadera, así como las implicancias en el manejo de los sistemas productivos de Patagonia norte. Se destacan las tecnologías vinculadas a estas asociaciones que podrían ayudar a mitigar los efectos del clima o la vegetación sobre la producción ganadera. Finalmente, se presentan las principales conclusiones de la tesis y se plantean algunas necesidades de investigación a futuro.

4.1 Estudio del comportamiento del peso y la condición corporal e implicancias tecnológicas

A través del capítulo 2 de esta tesis se observó que el peso corporal (PC) y la condición corporal (CC) mostraron diferencias entre los momentos y temporadas, pero estas diferencias no se visualizaron entre las distintas categorías (Corderas, Borregas, Adultas y Viejas). En el primer tipo de comportamiento el Peso promedio a la Señalada fue mayor que al Preservicio y al Preparto y no se encontraron diferencias entre éstas dos últimas (PC y CC en la temporada 2014). En el segundo, el peso promedio al Preservicio fue mayor que el correspondiente al Preparto y a la Señalada y no hubo diferencias entre los últimos dos (PC en la temporada 2013 y 2015; CC en la temporada 2013). Y en el tercero la CC al Preservicio fue mayor que la correspondiente al Preparto y no se observaron diferencias entre el Preservicio y la Señalada ni entre este último y el Preparto (CC en la temporada 2015).

Si bien estas diferencias en el PC y la CC estuvieron asociadas al clima y la vegetación, se puede mantener o mejorar la producción ganadera a través de los años mediante la aplicación de tecnologías de bajo costo. La suplementación con alimento de buena calidad y en cantidades adecuadas a las categorías de animales con altos requerimientos, como ovejas en su último tercio de gestación o corderas de recría, ayudaría a mantenerlas en buen estado corporal (Giraudó *et al.*, 2005). De esta manera al mantener su PC y CC, las ovejas dispondrían de una mayor cantidad de calostro al parto, entregarían corderos más pesados al nacimiento y lograrían un mayor vínculo madre-cría, aumentando así las posibilidades de supervivencia de los corderos en el hostil clima que predomina en la Patagonia. En el caso de las corderas de recría, una suplementación durante su primer invierno permitiría que se desarrollen sin restricciones nutricionales y climáticas, pudiendo

llegar más rápidamente al peso necesario para su primer servicio. Al aumentar de esta manera la supervivencia de las crías y asegurarles un buen desarrollo corporal se equilibraría la distribución etaria de la majada a través de los años, evitando así la reposición por pulsos evidenciada en el capítulo 2 que provoca tener categorías como las ovejas viejas que disminuyen los índices productivos del sistema.

4.2 Importancia relativa del clima y la vegetación como factores de control de la producción ovina. Implicancias tecnológicas.

En el capítulo 3 se observaron asociaciones significativas entre el clima, la vegetación y la producción ovina. Teniendo en cuenta estas asociaciones y la discusión realizada en el capítulo 3 se pueden relacionar ciertas tecnologías que ayudarían a estabilizar la producción ganadera, como el manejo del pastoreo por categoría animal y época del año, el apotreramiento, el uso eficiente de los mallines, el manejo de las aguadas, la esquila preparto y el uso del cobertizo.

Respecto a las asociaciones encontradas (Capítulo 3) entre del clima y la vegetación, el Índice de vegetación normalizado (IVN) se asoció con la precipitación de fin de otoño e invierno, la temperatura máxima de enero y el porcentaje de mallines, que explicaron el 72% de su variabilidad. Algunas tecnologías respecto a estas asociaciones que ayudarían a aumentar la productividad primaria neta aérea (PPNA) son la evaluación y planificación del pastoreo, el cálculo de la receptividad y la carga animal así como un buen manejo de los mallines.

El porcentaje de mallines mostró una asociación importante en el IVN de fin de primavera y verano (Capítulo 3). El cuidado de estos humedales, de alta productividad primaria, es esencial porque estos representan una importante fuente de alimento estacional. El acceso de ciertas categorías de animales debe hacerse en momentos estratégicos. Para ello el apotreramiento de los mallines ayudarían a cuidar y proporcionar una mayor sustentabilidad en estos ambientes, impidiendo que todos los animales tengan acceso en cualquier momento del año. De esta manera, se podría elegir cuales son las categorías que deberían pastar en los mallines y en qué momento. Por otro lado, la subdivisión en potreros de menor superficie permitiría un descanso alternado durante la época de crecimiento de los pastos, evitando que se consuma todo el recurso forrajero, ayudando así a la sustentabilidad del ambiente (Buono, 2004). Otra tecnología sería la de reservar y realizar cortes de pastizal en el mallín a principios del verano, lo que permitiría lograr un mejor balance entre cantidad de biomasa y calidad nutricional del forraje recolectado. Finalmente, un manejo disponible en mallines degradados es la redistribución de agua a

través de la construcción de diques y canales con el fin de frenar el agua que circula por zanjones, llevarla hasta el nivel del suelo y distribuirla a través de canales con pendiente neutra que se inician desde cada dique, conduciéndola hasta los bordes más secos del mallín sin superar su límite natural. De esta manera se lograría restablecer el funcionamiento hidrológico histórico del mallín alcanzando su potencial productivo, lo que significa en algunos casos duplicar la producción de pasto (Ciari, 2013).

El clima y la vegetación explicaron un 55% de la variabilidad en el PC de las ovejas al servicio (Capítulo 3). Como se mencionó en el punto 4.1, existen algunas tecnologías para aumentar el estado corporal de las ovejas. Llegar con un buen estado corporal al servicio aumenta las posibilidades de estas de quedar preñadas y de llegar al invierno con mayores reservas corporales. La alimentación suplementaria y la priorización de estas categorías a pastizales de buena calidad son medidas efectivas para lograr este objetivo. Por otro lado, se pudo observar que la precipitación de fin de otoño e invierno tuvo un efecto directo sobre el peso de las ovejas (Capítulo 3), el cual asociamos al agua de bebida de los animales. En este sentido, el buen manejo de las aguadas es una medida a tener en cuenta. El cerramiento y limpieza de las aguadas evitaría que los animales accedan directamente previniendo la destrucción por pisoteo y su contaminación por bosteo. Esta medida se complementaría conduciendo el agua con mangueras a bebederos cercanos. La conducción del agua de bebida a lugares lejanos en los cuadros evitaría que las ovejas deban caminar distancias excesivas desde la aguada, lo cual genera un gasto extra en sus requerimientos nutricionales, al mismo tiempo que se distribuiría el pastoreo de manera más homogénea.

Por último, se detectó una asociación significativa de la Señalada con el clima y el peso de las ovejas. En el capítulo 3 se relacionó la Señalada con la temperatura máxima de noviembre, y esto podría explicarse por el estrés por calor que sufren las ovejas y el impacto que esto tiene sobre las mismas, deteriorando sus funciones reproductivas y provocando drásticos cambios en las funciones biológicas como la disminución en la eficiencia y utilización de la ingesta de alimento, provocando en última instancia una disminución en la producción y reproducción de estos animales (Marai *et al.*, 2007). Algunas tecnologías que podrían aplicarse para moderar estos efectos son la esquila preparto y la utilización del cobertizo como proveedor de reparo. La implementación de la esquila preparto ha demostrado tener muchos beneficios dentro del sistema productivo patagónico, entre los que se destacan una lana más limpia y menos quebradiza al evitar que la lana se manche con la placenta durante la parición y el punto de quiebre de las fibras se corra hacia las puntas de las mechas. Al mismo tiempo aumenta el vínculo madre-cría debido a que las ovejas buscan alimento y lugares más reparados para realizar la parición

creando un aumento del peso al nacimiento del cordero y un ambiente más propicio para la parición (Mueller, 2015). Un beneficio extra que podría tener esta práctica es disminuir el estrés calórico de las ovejas al encontrarse desprovistas del vellón con anterioridad a los aumentos de temperatura estivales. La creación de reparos artificiales como los cobertizos, permite crear lugares sin viento, con sombra, y cerca de un potrero donde las ovejas dispongan de abundante alimento y de buena calidad, al mismo tiempo que les crea una zona menos propicia para la depredación. Se han registrado experiencias con porcentajes de Señalada cercanos al 100% con la utilización de esta tecnología (Giraudó *et al.*, 2002). Finalmente, aumentar el estado corporal de las ovejas mediante alguna de las técnicas anteriormente citadas tiene un impacto positivo en la Señalada, al aumentar la eficiencia reproductiva y disminuir las muertes perinatales de corderos, lo cual resulta en una mejora de los ingresos económicos del establecimiento (Young *et al.*, 2011).

4.3 Efectos del cambio climático global sobre Patagonia norte e implicancias para el manejo

Los modelos de cambio climático globales (MCGs) predicen un cambio en el clima como respuesta a las emisiones de gases de efecto invernadero (Flato *et al.*, 2013). Para las zonas áridas y semiáridas en general, se espera un incremento de los eventos extremos de precipitación (Easterling *et al.*, 2000), mientras que la extensión, gravedad, duración y frecuencia de las sequías en los ecosistemas áridos tenderán a aumentar (Dai, 2013; Cook *et al.*, 2015). Para la Patagonia norte en particular, según dos escenarios diferentes de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP4.5 y RCP 8.5) para el período 2061-2080, los MCGs predicen, según el escenario RCP4.5, aumentos de la temperatura media anual de 4-5 °C, una disminución en la precipitación media anual del 5-10% hacia el oeste y un aumento del 5% o más al este de la región. En el escenario RCP 8.5 estos cambios se acentuarían, mostrando un aumento de la temperatura media anual de 6-7 °C, una disminución en la precipitación media anual del 15-20% en el oeste de la región y aumentos del 1 al 5% hacia el este de la misma (Gaitán, 2016).

En este contexto, los resultados de esta tesis sugieren que los cambios en el clima acentuarían los problemas actuales de los sistemas de producción ganadera de la región. Las disminuciones de la precipitación hacia el oeste de la región y el aumento de la temperatura, provocarían una disminución en la PPNA, en el agua disponible para el consumo animal y la consecuente pérdida de PC de las ovejas madres. También se verían acentuados los efectos del estrés por calor de los animales hacia el verano, afectando en última instancia la Señalada (capítulo 3).

La mitigación de los efectos del cambio climático a través de prácticas de intensificación, como las nombradas en los puntos 4.1 y 4.2, permitiría estabilizar la producción ganadera evitando que el estrato más sensible de productores se vea desfavorecido por estos cambios. Aumentar las distintas eficiencias que componen la producción ovina permitiría incrementar los índices de producción, es decir, producir más con menos. Un uso adecuado y eficiente de los pastizales naturales, un mejor aprovechamiento del agua, controlar y manejar el perfil nutricional de las categorías animales más sensibles a través de la suplementación en casos necesarios, protegerlos de condiciones climáticas desfavorables son algunos puntos de la producción ovina que se desprenden de esta tesis y se deberían profundizar.

4.4 Implicancias para el monitoreo

Muchas instituciones científicas alrededor del mundo proponen el monitoreo de las zonas áridas y semiáridas para luchar contra los problemas inducidos por los procesos de cambio global (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). En Patagonia Norte, se realiza un monitoreo del estado de los pastizales basado en el comportamiento del IVN (Easdale *et al.*, 2012) y desde hace algunos años se está trabajando en el desarrollo de un sistema de alerta temprana y mitigación de sequías. Sin embargo, hasta el momento no se habían realizado estudios que vincularan los efectos directos e indirectos del clima, el IVN, el PC de las ovejas madres e índices productivos en los establecimientos ganaderos de la región. En ese sentido, esta tesis aporta elementos para entender cómo las variaciones climáticas y/o el IVN impactan en la producción ovina. Un razonamiento aplicado a los resultados de este estudio sería el siguiente: las lluvias de fin de otoño e invierno controlan una porción importante de la PPNA (IVN) de fin de primavera y verano, y a su vez, la PPNA controla el PC de las ovejas previo al servicio, que en última instancia afecta la tasa de Señalada. Entonces, con algunos meses de anticipación y en función del comportamiento de estas variables de control, se podrían definir estrategias de alimentación suplementaria a las categorías ovinas más susceptibles y en condición corporal baja (menor a 2 en la escala de Jeffries).

Generar una alerta temprana que pudiera disparar estrategias de manejo con anticipación ante situaciones de emergencia ayudaría a ser más precisos en la utilización de recursos por parte del estado y privados, así como en la toma de decisiones a niveles políticos. Por otro lado, el monitoreo a campo de variables como el PC y la CC de los animales proveerían información única, dando un buen panorama de la realidad en los establecimientos y ayudarían a inferir los efectos de distintas situaciones del clima y vegetación. Por lo tanto, en mi opinión es necesario continuar con los monitoreos de esta información a campo.

4.5 Conclusiones generales

1. Se pudo observar una mala distribución etaria de las majadas ovinas, con bajo porcentaje de Borregas en 2013 (alrededor de 10 %), alta presencia de Viejas en 2014 y 2015 (cercana al 20%) y en el año 2015, se puede apreciar una clara reposición por pulso ya que el porcentaje de Corderas al Preservicio superó el 30%.
2. El peso corporal y la condición corporal, presentaron comportamientos similares entre categorías, mostrando diferencias entre los momentos y las temporadas.
3. El clima (PPT y T°) y la estructura de la vegetación (% mallines) influenciaron el IVN de fin de primavera y verano (IVN), explicando el 72% de su variación.
4. La precipitación de fin de otoño e invierno (PPT) tuvo un efecto directo y positivo en el IVN.
5. La temperatura máxima de enero tuvo un importante efecto directo y negativo sobre el IVN.
6. El porcentaje de mallines de los establecimientos presentó un efecto directo y positivo sobre el IVN.
7. El clima y la vegetación explicaron el 55% de la variación en el PC Preservicio de las ovejas madres.
8. La PPT presentó la relación más fuerte (directa y positiva) de todas las variables con el PC Preservicio, y también una relación indirecta.
9. El IVN presentó una relación con el PC Preservicio (directa y positiva) de valor similar a la PPT.
10. El clima y el PC Preservicio explicaron el 52% de la variación en la Señalada.
11. La temperatura máxima de noviembre del año n+1 presentó una fuerte relación (directa y negativa) con la Señalada.

4.5.1 Estudios a futuro

Investigaciones futuras deberían corroborar el modelo del capítulo 3 con un nuevo conjunto de datos y con un mayor número de campos. Esto permitiría complejizar el modelo y trabajar con otros tipos de efectos que aumenten la variabilidad explicada, como la carga ganadera, historia de uso de los cuadros o grado de degradación de las pasturas, velocidad del viento durante la parición, e índices de depredación. El estudio de estas asociaciones

para las distintas regiones ecológicas homogéneas (Bran *et al.*, 2000) permitirían detectar procesos particulares que afectarían determinados tipos de ecosistemas y que pueden verse enmascarados en un análisis global de toda la región (ej. Oliva *et al.*, 2016). También, se podrían realizar estudios a nivel individual de los animales para tratar de identificar qué los hace más eficientes a unos que a otros. Comprendiendo que estos sistemas de producción también están formados por otros rumiantes, como los bovinos, la cabra de Angora y la cabra criolla, sería interesante realizar un estudio similar para estas especies con el fin de comprender mejor sus relaciones con el ambiente y generar alertas tempranas ante situaciones de emergencia.

Existen tecnologías que permiten estabilizar la producción ganadera que ya fueron discutidas en capítulos anteriores y que han sido probadas con éxito en la región, como la suplementación estratégica de madres gestantes, el uso de cobertizos, el apotreramiento de mallines para su conservación y uso estratégico, entre otras. Sería necesario realizar estudios que aborden las limitantes en la adopción de estas tecnologías, para se puedan generar políticas que remuevan dichas trabas logrando así una adopción tecnológica masiva que permita a los sistemas de producción ganaderos de Patagonia Norte prepararse para los desafíos futuros.

Bibliografía

- Asner GP; Elmore AJ; Olander LP; Martin RE; Harris AT. (2004) Grazing systems, ecosystem responses, and global change. *Annual Review of Environment and Resources*. 29: 261-299.
- Ayesa JA; Bran D; López C; Marcolín A; Barrios D. (1999) Aplicación de la teledetección para la caracterización y tipificación utilitaria de valles y mallines. *Revista Argentina de Producción Animal* 19:133–139.
- Bai Y; Wu J; Pan Q; Huang J; Wang Q; Li F; Buyantuyev A; Han X. (2007) Positive linear relationship between productivity and diversity: evidence from the Eurasian Steppe. *Journal of Applied Ecology* 44(5): 1023–1034.
- Bai Y; Wu J; Xing Q; Pan Q; Huang J; Yang D; Han X. (2008) Primary production and rain use efficiency across a precipitation gradient on the Mongolia plateau. *Ecology* 89(8): 2140-2153.
- Baret F; Guyot G; Major DJ. (1989) Crop biomass evaluation using radiometric measurements. *Photogrammetria* 43(5): 241 -256.
- Barros VR; Camilloni, I. (2016) *La Argentina y el cambio climático: de la física a la política*. Eudeba 285 p.
- Bellati J; von Thüngen J. (1988) Mortalidad de corderos de hasta dos meses de edad en el oeste de la Provincia de Río Negro. *Revista Argentina de Producción Animal* 8(4): 359-363.
- Benton TG; Grant A; Clutton-Brock TH. (1995) Does environmental stochasticity matter? Analysis of red deer life-histories on Rum. *Evolutionary Ecology* 9(6): 559-574.
- Bonvissuto GL; Lanciotti M. (2002) Guía de condición para los mallines con pasto salado (*Distichlis* spp.) en zonas de Río Negro con menos de 300 mm de precipitaciones anuales. PAN-EEA INTA Bariloche.
- Bonvissuto GL; Somlo RC. (1997) Guía de condición para los campos naturales de Precordillera y Sierras y Mesetas de Patagonia. Centro Regional Patagonia Norte, Estación Experimental Agropecuaria Bariloche INTA/GTZ 24 p.
- Bonvissuto GL; Somlo R. (1998) Guías de condición para los mallines de Precordillera y Sierras y Mesetas. Comunicación Técnica Pastizales Naturales 64, Centro Regional Patagonia Norte, Estación Experimental Agropecuaria Bariloche 40 p.
- Borrelli P. (2001) Estructura de la majada. Borrelli P. y Oliva G. (Eds). *Ganadería sustentable en la Patagonia Austral*. Ediciones INTA. p 197-202.
- Bowker MA; Maestre FT; Mau RL. (2013) Diversity and patch-size distributions of biological soil crusts regulate dryland ecosystem multifunctionality. *Ecosystems* 16(6): 923-933.

- Box EO; Holben BN; Kalb V. (1989) Accuracy of the AVHRR vegetation index as a predictor of biomass, primary productivity and net CO₂ flux. *Vegetation* 80(2): 71-89.
- Bran DE; Gaitán JJ; Ayesa JA; Lopez CR. (2004) La vegetación de los mallines del Noroeste de Patagonia. Comunicación técnica Área Recursos Naturales. Relevamiento Integrado, N° 88. Estación Experimental Agropecuaria Bariloche, INTA, 13 p.
- Bran DE; Ayesa JA; Lopez CR. (2000) Regiones Ecológicas de Río Negro. Comunicación Técnica (59) 4-7. EEA INTA San Carlos de Bariloche - Río Negro.
- Buono, GG. (2004) Sistema de Pastoreo Ovino-Bovino en Mallines. *IDIA XXI*. 4(7): 41-44.
- Buono GG; Oesterheld M; Nakamatsu V; Paruelo JM. (2010) Spatial and temporal variation of primary production of Patagonian wet meadows. *Journal of Arid Environments* 74(10): 1257-1261.
- Buratovich O. (2010) Eficiencia reproductiva en ovinos; factores que la afectan. Parte II; otros factores no nutricionales. Carpeta Técnica, Ganadería N° 36. INTA EEA Esquel, Chubut. Recuperado 20 de Junio de 2017, de http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina/76-Eficiencia_reproductiva.pdf
- Burke IC; Kittel TGF; Lauenroth WK; Snook P; Yonker CM; Parton WJ. (1991) Regional analysis of the Central Great Plains. *Bioscience* 41(10): 685-692.
- Cabrera A. (1976) Regiones fitogeográficas argentinas. Acme, Buenos Aires. 85 p.
- Cabrera A. (1971) Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 14(1-2): 1-42. Buenos Aires.
- Carnicer J; Coll M, Pons X; Ninyerola M; Vayreda J; Peñuelas J. (2014) Large-scale recruitment limitation in Mediterranean pines: the role of *Quercus ilex* and forest successional advance as key regional drivers. *Global Ecology and Biogeography* 23(3): 371-384.
- Catchpole EA; Morgan BJ; Coulson TN; Freeman SN; Albon SD. (2000) Factors influencing Soay sheep survival. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)* 49(4): 453-472.
- Cavieres LA; Brooker RW; Butterfield BJ; Cook BJ. (2014) Facilitative plant interactions and climate simultaneously drive alpine plant diversity. *Ecology Letters* 17(2): 193-202.
- Chapin FS; Matson PA; Vitousek P. (2011) Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer Science & Business Media. 297–320.
- Charray J; Humbert JM; Levif J. (1992) Manual of sheep production in the humid tropics of Africa. CAB International.
- Choudhury BJ. (1987) Relationships between vegetation indices, radiation absorption, and net photosynthesis evaluated by a sensitivity analysis. *Remote Sensing of Environment* 22(2): 209-233.

- Ciari G. (2013) Mallines: Redistribución de agua como tecnología de mejoramiento. *Medio Ambiente* 21: 95-98.
- Coe MJ; Cumming DH; Phillipson J. (1976) Biomass and production of large African herbivores in relation to rainfall and primary production. *Oecología* 22(4): 341-354.
- Cook BI; Ault TR; Smerdon JE. (2015) Unprecedented 21st century drought risk in the American Southwest and Central Plains. *Science Advances* 1(1), e1400082.
- Coronato FR. (1999) Environmental impacts on offspring survival during the lambing period in central Patagonia. *International Journal of Biometeorology* 43(3): 113-118.
- Coté SD; Festa-Bianchet M. (2001) Birth date, mass and survival in mountain goat kids: effects of maternal characteristics and forage quality. *Oecologia* (127): 230-238.
- Cueto M; Gibbons A; Giraudo C; Somlo A; Taddeo H. (1995) Efecto de la alimentación y esquila pre-parto sobre el peso y longitud de gestación de corderos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Bariloche.
- Cueto M; Bruno-Galarraga M; Gibbons A; Villar L. (2015) Sistemas de Producción. Mueller J; Cueto M; Roble C. (Eds). *Actualización en Producción Ovina 2015*. Ediciones INTA. p 75-82.
- Dai A. (2013) Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change* 3(1): 52-58.
- Del Valle HF. (1998) Patagonian soils: a regional synthesis. *Ecología Austral* 8: 103-124.
- Delgado-Baquerizo M; Maestre FT; Gallardo A; Bowker MA. (2013) Decoupling of soil nutrient cycles as a function of aridity in global drylands. *Nature* 502(7473): 672-676.
- Eales FA; Small J; Gilmour JS. (1983) Neonatal mortality of lambs and its causes. In: Haresign, W. (Ed.), *Sheep Production*. Butterworths. London 289-298.
- Easdale MH; Aguiar MR; Román M; Villagra ES. (2009) Comparación socio-económica de dos regiones biofísicas: los sistemas ganaderos de la provincia de Río Negro, Argentina. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 6(62): 173-198.
- Easdale MH; Gaitán JJ. (2010) Relación entre la superficie y clase de mallines y la composición de la estructura ganadera en establecimientos del noroeste de la Patagonia 30(1): 69-80.
- Easdale M; López DR; Bianchi E; Bruzone O; Villagra SE; Siffredi GL; Gaitán JJ; Umaña F; Oricchio P. (2012) Una herramienta para monitorear sequías en regiones áridas y semiáridas de Patagonia Norte. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 38(2): 158-164.
- East R. (1984) Rainfall, soil nutrient status and biomass of large African savanna mammals. *African Journal of Ecology* 22(4): 245-270.
- Easterling DR; Meehl GA; Parmesan C; Changnon SA; Karl TR; Mearns LO. (2000) Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science* 289(5487): 2068-2074.

- Fabricante I; Oesterheld M; Paruelo JM. (2009) Annual and seasonal variation of NDVI explained by current and previous precipitation across Northern Patagonia. *Journal of Arid Environments* 73(8): 745-753.
- Fensholt R; Sandholt I; Rasmussen MS. (2004) Evaluation of modis lai, fapar and the relation between fapar and ndvi in a semi - arid environment using in situ measurements. *Remote Sensing of Environment* 91(3): 490-507.
- Ferguson MB; Thompson AN; Gordon DJ; Hyder MW; Kearney GA; Oldham CM; Paganoni BL. (2011) The wool production and reproduction of Merino ewes can be predicted from changes in liveweight during pregnancy and lactation. *Animal Production Science* 51(9): 763-775.
- Fernández Abella D; Formoso D. (2007) Estudio de la mortalidad embrionaria y fetal en ovinos. II. Efecto de la condición corporal y de la dotación sobre las pérdidas embrionarias y fetales. *Producción Ovina* (19): 5-13.
- Flato G; Marotzke J; Abiodun B; Braconnot P; Chou SC; Collins WJ; Forest C. (2013) Evaluation of Climate Models. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2013* 5(2013): 741-866.
- Fletcher JE; Robinson ME. (1956) A capacitance meter for estimating forage weight. *Journal of Range Management* 9: 96-97.
- Fritz H; Duncan P. (1994) On the carrying capacity for large ungulates of African savanna ecosystems. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 256 (1345): 77-82.
- Gaitán JJ. (2016) Atributos estructurales y funcionales de los ecosistemas áridos y semiáridos de la Patagonia y su relación con factores abióticos y el uso antrópico. Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires, Área Ciencias Agropecuarias. 193 p.
- Gaitán JJ; Ayesa JA; Umaña F; Raffo F; Bran D. (2011b) Cartografía del área afectada por cenizas volcánicas en las provincias de Río Negro y Neuquén. INTA, SC de Bariloche, Argentina.
- Gaitán JJ; López CR; Bran D. (2011) Vegetation composition and its relationship with the environment in mallines of north Patagonia, Argentina. *Wetlands ecology and management* 19(2): 121-130
- Gaitán JJ; Oliva GE; Bran DE; Maestre FT; Aguiar MR; Jobbagy EG; Salomone JM. (2014) Vegetation structure is as important as climate for explaining ecosystem function across Patagonian rangelands. *Journal of Ecology* 102(6): 1419-1428.

- Gaitán JJ; Raffo F; Umaña FJ. (2011a) Estimación de la temperatura de la superficie terrestre mediante imágenes satelitales en el norte de la Patagonia. Comunicación técnica. Area Recursos Naturales. Agrometeorología (32).
- Gamon JA; Field CB; Goulden ML; Griffin KL; Hartley AE; Joel G; Valentini R. (1995) Relationships between NDVI, canopy structure, and photosynthesis in three Californian vegetation types. *Ecological Applications* 5(1): 28-41.
- Gibbons A. (1996) Efecto de la esquila sobre el peso al nacimiento de los corderos Merino en el sistema extensivo patagónico. Comunicación Técnica INTA EEA Bariloche. p 13.
- Gibbons A; Willems P; Cueto M; Wolff M; Becu-Villalobos D; Lux-Santos V. Variaciones de la actividad ovárica a lo largo del año en ovejas Merino en Patagonia. Datos no publicados.
- Giraud CG. (2009) El empleo de la condición corporal como indicador del estado nutricional de los ovinos. *Revista Presencia* 54: 32-35.
- Giraud CG; Villagra SE; Losardo P; Bidinost F; Garramuño J; Abad M; Uzal F; Lopez J; Bustos C; Gibbons A. (2002) Manejo de la parición para mejorar la producción de corderos. Ed. INTA EEA Bariloche. 27 p.
- Giraud CG; Villagra SE; Taddeo H; Cueto M. (2005) Estado nutricional de ovejas merino durante la gestación y crecimiento de los corderos. *NA* 61
- Giraud CG; Villar L. (2010) Manejo nutricional de la majada para la producción de lana y carne. Mueller J; Cueto M. (Eds). *Actualización en Producción Ovina 2010*. Ediciones INTA. p 15-38.
- Godagnone RE; Bran DE. (2009) Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de Río Negro: geología, hidrología, geomorfología, suelos, clima, vegetación y fauna. Ediciones INTA 394 p.
- Golluscio RA; Deregibus VA; Paruelo JM. (1998a) Sustainability and range management in the Patagonian steppes. *Ecología Austral* 8(2): 265-284.
- Golluscio R; Sala OE; Lauenroth WK. (1998b) Differential use of large summer rainfall events by shrubs and grasses: a manipulative experiment in the Patagonian steppe. *Oecologia* 115(1): 17-25.
- Goovaerts P. (1997) *Geostatistics for natural resources evaluation*. Oxford university press.
- Goward SN; Huemmrich KF. (1992) Vegetation canopy PAR absorbance and the normalize difference vegetation index: an assessment using the SAIL model. *Remote Sensing of Environment* 39(2): 119-40.
- Goward SN; Tucker SJ; Dye DG. (1985) North American vegetation patterns observed with the NOAA-7 advanced very high resolution radiometer. *Vegetation* 64(1): 3-14.

- Grace JB. (2006) Structural equation modeling and natural systems. Cambridge University Press.
- Grace JB; Anderson MT; Olf H; Scheiner SM. (2010) On the specification of structural equation models for ecological systems. *Ecological Monographs* 80(1): 67-87.
- Grace JB; Anderson MT; Smith MD; Seabloom E; Andelman SJ; Meche G; Weiher E; Allain LK; Jutila H; Sankaran M; Knops J; Ritchie M; Willig MR. (2007). Does species diversity limit productivity in natural grassland communities? *Ecology Letters* 10(8): 680–689.
- Grace JB; Bollen KA. (2005) Interpreting the results from multiple regression and structural equation models. *Bulletin of the Ecological Society of America* 86: 283-295.
- Hall SA; Paruelo JM. (2006) Environmental controls on lambing rate in Patagonia (Argentina): A regional approach. *Journal of Arid Environments* 64(4): 713-735.
- Hodgkinson KC. (1992) Elements of grazing strategies for perennial grass management in rangelands. *Desertified grasslands: their biology and management*. Linnean Society of London, UK. 77-94.
- INDEC (2010) Censo Nacional de Población Hogares y Vivienda. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Buenos Aires, Argentina. Recuperado 12 de enero de 2016, de <http://www.indec.gov.ar>
- INTA (2013) Aportes a la recuperación y desarrollo territorial del semiárido sur de la provincia de Rio Negro. Recuperado 12 de Enero de 2016, de <http://inta.gob.ar/proyectos/PATNOR-1281102>.
- Iraozqui H. (1981) Mortalidad perinatal en lanares. *Producción Animal* 8: 15–37.
- Jefferies BC. (1961) Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agriculture* 32: 19–21.
- Irisarri JGN; Oesterheld M; Golluscio RA; Paruelo JM. (2014) Effects of animal husbandry on secondary production and trophic efficiency at a regional scale. *Ecosystems* 17(4): 738-749.
- Jagtenburg WD. (1970) Predicting the best time to apply nitrogen to grassland in spring. *Journal of the British Grassland Society* 25: 266-271.
- Jobbágy EG. (1993) Relaciones vegetación ambiente a la escala de paisaje en la estepa del distrito occidental de la patagonia extra-andina. Undergraduate Thesis, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. 61 p.
- Jobbágy EG; Sala OE; Paruelo JM. (2002) Patterns and controls of primary production in the patagonian steppe: a remote sensing approach. *Ecology* 83(2): 307–319.
- Jonsson M; Wardle DA. (2010) Structural equation modeling reveals plant-community drivers of carbon storage in boreal forest ecosystems. *Biology Letters* 6: 116-119.

- Jouve V. (2003) Productividad primaria neta aérea de las estepas patagónicas. Controles ambientales y estimación mediante sensores remotos. Thesis (Magister Scientiae). Buenos Aires, Argentina, Universidad de Buenos Aires, Escuela para Graduados Alberto Soriano.
- Kelly RW. (1992) Lamb mortality and growth to weaning in commercial Merino flocks in Western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 43(6): 1399-1416.
- Kennedy P. (1989) Monitoring the vegetation of Tunisian grazing lands using the normalized differences vegetation index. *Ambio* 18: 119–123.
- Langvatn R; Albon SD; Burkey T; Clutton-Brock TH. (1996) Climate, plant phenology and variation in age of first reproduction in a temperate herbivore. *Journal of Animal Ecology* 653-670.
- Larter NC; Nagy JA. (2001) Seasonal and annual variability in the quality of important forage plants found on Banks Island, Canadian High Arctic. *Applied Vegetation Science* 4(1): 115-128.
- La Torraca A. (2015) Sistemas de producción. Mueller J; Cueto M; Roble C. (Eds). Actualización en Producción Ovina 2015. Ediciones INTA. p 5-20.
- Lauenroth WK; Hunt HW; Swift DM; Singh JS. (1986) Estimating aboveground net primary production in grasslands: a simulation approach. *Ecological Modeling* 33(2): 297-314.
- Lauenroth WK. (1998) Guanacos, spiny shrubs and the evolutionary history of grazing in the Patagonian steppe. *Ecología Austral* 8: 211-215.
- León R; Bran D; Collantes M; Paruelo J; Soriano A. (1998) Grandes Unidades de Vegetación de la Patagonia. *Ecología Austral* 8(2): 125-144.
- Lefcheck JS. (2016) piecewiseSEM: Piecewise structural equation modelling in r for ecology, evolution, and systematics. *Methods in Ecology and Evolution*. 7(5): 573-579.
- Lopez CR; Gaitan JJ; Ayesa JA; Bran D. (2004) Variabilidad espacial y caracterización de los Humedales en el noroeste de la Patagonia. Primera reunión de imágenes satelitarias y SIG aplicada a la gestión de los recursos naturales, culturales y medio ambiente 8-10
- Lopez CR; Gaitan JJ; Siffredi GL; Ayesa JA. (2005) Desarrollo de un SIG como herramienta para la planificación y manejo del pastoreo en mallines del Dpto. de Pilcaniyeu, Río Negro. *Revista Científica Agropecuaria* 9 (2): 163-171.
- Los SO; Pollack NH; Parris MT; Collatz GJ; Tucker CJ; Sellers PJ; Malmstrom CM; DeFries RS; Bounoua L; Dazlich DA. (2000) A global 9-yr biophysical land surface dataset from NOAA AVHRR data. *Journal of Hydrometeorology* 1(2): 183-199.

- Ma, WH; He JS; Yang YH; Wang XP; Liang C; Anwar M; Zeng H; Fang J; Schmid, B. (2010) Environmental factors covary with plant diversity-productivity relationships among Chinese grassland sites. *Global Ecology and Biogeography* 19(2): 233-243.
- Marai IFM; El-Darawany AA; Fadiel A; Abdel-Hafez MAM. (2007) Physiological traits as affected by heat stress in sheep—a review. *Small Ruminant Research* 71(1): 1-12.
- Marcolín A; Durañona Ortíz G; Sourrouille R; Latour E; Larrama MG. (1978) Caracterización de mallines en un área del sudoeste de la Provincia de Río Negro. Informe inédito. INTA EEA, Bariloche.
- Mazzoni E, Vazquez M. (2000) Mallines en la Provincia de Santa Cruz. E.E.A. Santa Cruz (Convenio INTA–UNPA–CAP).
- McNaughton SJ; Oesterheld M; Frank DA; Williams KJ. (1989) Ecosystem-level patterns of primary productivity and herbivory in terrestrial habitats. *Nature* 142-144.
- McNaughton SJ; Oesterheld M; Frank DA; Williams KJ. (1991) Primary and secondary production in terrestrial ecosystems. In *Comparative analyses of ecosystems*. Springer New York. p 120-139.
- Milchunas DG; Sala OE; Lauenroth W. (1988) A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist* 132(1): 87-106.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC, 5.
- Monteith JL. (1972) Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology* 9: 747-66.
- Monteith JL. (1981) Climatic variation and the growth of crops. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 107(454): 749-774.
- Moreau S; Bosseno R; Gu XF; Baret F. (2003) Assessing the biomass dynamics of Andean bofedal and totora high-protein wetland grasses from NOAA/AVHRR. *Remote Sensing of Environment* 85(4): 516-29.
- Mueller JP. (1980) Efecto del cuadro de parición y esquila preparto sobre la supervivencia y crecimiento de corderos Merino en Patagonia. Recuperado 20 de Junio de 2017, de http://www.produccionbovina.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina/204-efecto_cuadro_paricion_esquila.pdf
- Mueller JP. (2015) Esquila preparto, una tecnología de adopción masiva y alto impacto en la producción ovina de la Patagonia. *Revista de investigaciones agropecuarias* 41(3): 254-262.
- Müller-Dombois DD; Ellenberg H. (1974) *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley, New York, 547.

- Nuñez MN; Solman SA; Cabré MF. (2009) Regional climate change experiments over southern South America. II: climate change scenarios in the late twenty-first century. *Climate Dynamics* 32: 1081-1095.
- Oosterheld M; DiBella CM; Kerdiles H. (1998) Relation between NOAA-AVHRR satellite data and stocking rate in grasslands. *Ecological applications* 8(1): 207-212.
- Oosterheld M; Sala OE; McNaughton SJ. (1992) Effect of animal husbandry on herbivore-carrying capacity at a regional scale. *Nature* 356(6366): 234-236.
- Olaechea FV; Bellati JP; Suarez M; Pueyo JM; Robles CA. (1981) Mortalidad perinatal de corderos en el oeste de la Provincia de Río Negro. *Revista Medicina Veterinaria* 62: 128-134.
- Oldham CM; Thompson AN; Ferguson MB; Gordon DJ; Kearney GA; Paganoni BL. (2011) The birthweight and survival of Merino lambs can be predicted from the profile of liveweight change of their mothers during pregnancy. *Animal Production Science* 51(9): 776–783.
- Oliva G; Gaitán JJ; Ferrante D. (2016) Humans cause deserts: evidence of irreversible changes in Patagonia's rangelands. *Desertification: Causes, Impacts and Consequences (Springer Earth System Sciences)*. Roy Behnke (ed.): 363-386.
- Owen-Smith N. (1990) Demography of a large herbivore, the greater kudu *Tragelaphus strepsiceros*, in relation to rainfall. *Journal of Animal Ecology* 59: 893–913.
- Paruelo JM. (2008) La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos. *Ecosistemas* 17(3): 4-22.
- Paruelo JM; Beltrán AB; Jobbágy EG; Sala OE; Golluscio RA. (1998) The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral* 8: 85-101.
- Paruelo JM; Di Bella CM; Milkovic M. (2014) Percepción remota y sistemas de información geográfica. *Sus aplicaciones en agronomía y ciencias ambientales* 290-297.
- Paruelo JM; Epstein HE; Lauenroth WK; Burke IC. (1997) ANPP estimates from NDVI for the Central Grassland Region of the United States. *Ecology* 78(3): 953-958.
- Paruelo JM; Jobbágy EG; Sala OE. (1998) Biozones of patagonia (Argentina). *Ecología Austral* 8(2): 145-153.
- Paruelo, JM; Lauenroth WK; Burke IC; Sala OE. (1999) Grassland precipitation-use efficiency varies across a resource gradient. *Ecosystems* 2(1): 64-68.
- Pettorelli N; Mysterud A; Yoccoz NG; Langvatn R; Stenseth NC. (2005a) The importance of climatological downscaling and plant phenology for red deer in heterogeneous landscapes. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 272(1579): 2357-2364.

- Pettorelli N; Weladji RB; Holand O; Mysterud A; Breie H; Stenseth NC. (2005b) The relative role of winter and spring conditions: linking climate and landscape-scale plant phenology to alpine reindeer body mass. *Biology Letters* 1(1): 24-26.
- Portier CM; Festa-Bianchet M; Gaillard JM; Jorgenson JT; Yoccoz NG. (1998) Effects of density and weather on survival of bighorn sheep lambs (*Ovis canadensis*). *Journal of Zoology* 245(3): 271-278.
- Posse G; Cingolani AM. (2004) A test of the use of NDVI data to predict secondary productivity. *Applied Vegetation Science* 7(2): 201-208.
- Potter CS; Randerson JT; Field CB; Matson PA; Vitousek PM; Mooney HA; Klooster SA. (1993) Terrestrial ecosystem production: a process model based on global satellite and surface data. *Global Biogeochemical Cycles* 7(4): 811-841.
- Pugesek BH; Tomer A; Von Eye A. (2003) Structural equation modeling: applications in ecological and evolutionary biology. Cambridge University Press.
- Puigdefábregas J. (1998) Ecological impacts of global change on drylands and their implications for desertification. *Land degradation & development* 9: 393-406.
- Ridao E; Conde J; Minué SI. (1998) Estimating fapar from nine vegetation indices for irrigated and nonirrigated faba bean and semileafless pea canopies. *Remote Sensing of Environment* 66(1): 87-100.
- Rouse JW; Haas Jr. RH; Schell JA; Deering DW. (1973) Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural resources. Progress Report RSC, 1. Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station 93 p.
- Ruimy A; Saugier B; Dedieu G. (1994) Methodology for the estimation of terrestrial net primary production from remotely sensed data. *Journal of Geophysical Research* 99(3): 5263-5283.
- Sala OE; Golluscio RA; Lauenroth WK; Soriano A. (1989) Resource partitioning between shrubs and grasses in the Patagonian steppe. *Oecologia* 81(4): 501-505.
- Sala OE; Parton WJ; Joyce LA; Lauenroth WK. (1988) Primary Production of the Central Grassland Region of the United States. *Ecology* 69(1): 40-45.
- Sellers PJ; Tucker CJ; Collatz GJ; Los SO; Justice CO; Dazlich DA; Randall DA. (1994) A global 1 by 1 NDVI data set for climate studies. Part 2: The generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from the NDVI. *International Journal of remote sensing* 15(17): 3519-3545.
- SENASA (2015) Informes y estadísticas. Recuperado 19 de junio de 2017, de <http://www.senasa.gob.ar/cadena-animal/ovinos/informacion/informes-y-estadisticas>.

- Senft, RL. (1989) Hierarchical foraging models: effects of stocking and landscape composition on simulated resource use by cattle. *Ecological Modelling*, 46(3-4): 283-303.
- Siffredi GL; Becker GE. (1998) Guías de Evaluación Forrajera de Campos para la determinación de la carga animal. Series: Comunicaciones Técnicas (76).
- Siffredi GL; Gaitán JJ; Lopez C; Ayesa J. (2005a) Guía de recomendación de carga animal para mallines. Ley Ovina- PAN-EEA INTA, Bariloche.
- Siffredi GL; López C; Ayesa J; Quiroga P; Gaitan J. (2005b) Guía de recomendación de carga animal para Estepas de la región de Los Menucos, Río Negro. Informe INTA EEA Bariloche.
- Singh JS; Lauenroth WK; Steinhorst RK. (1975) Review and assessment of various techniques for estimating net aerial primary production in grassland from harvest data. *Botanical Review* 41(2): 181-232.
- Soriano A. (1983) Deserts and semideserts of Patagonia. In: West NE, Ed. *Temperate deserts and semi-deserts*. Amsterdam: Elsevier. 423-60.
- Soriano A. (1992) Rio de La Plata Grasslands. In: Coupland RT, Ed. *Ecosystems of the world 8A. Natural grasslands. Introduction and western hemisphere*. Amsterdam: Elsevier. 367–407.
- Taylor BF; Dini PW; Kidson JW. (1985) Determination of seasonal & interannual variation in New Zealand pasture growth from noaa-7 data. *Remote sensing of environment*, 18(2): 177-192.
- Teare ID; Morr GO; Eaton JR. (1966) Beta attenuation—a technique for estimating forage yield in situ. *Radiation Botany* 6: 7-11.
- Texeira M; Baldi G; Paruelo JM. (2012) An exploration of direct and indirect drivers of herbivore reproductive performance in arid and semi arid rangelands by means of structural equation models. *Journal of Arid Environments* 81: 26-34.
- Texeira M; Paruelo JM. (2005) Demography, population dynamics and sustainability of the Patagonian sheep flocks. *Agricultural Systems* 87(2): 123-146.
- Thompson AN; Ferguson MB; Campbell AJD; Gordon DJ; Kearney GA; Oldham CM; Paganoni BL. (2011a) Improving the nutrition of Merino ewes during pregnancy and lactation increases weaning weight and survival of progeny but does not affect their mature size. *Animal Production Science* 51(9): 784–793.
- Thompson AN; Ferguson MB; Gordon DJ; Kearney GA; Oldham CM; Paganoni BL. (2011b) Improving the nutrition of Merino ewes during pregnancy increases the fleece weight and reduces the fibre diameter of their progeny's wool during their lifetime and these effects can be predicted from the ewe's liveweight profile. *Animal Production Science* 51(9): 794-804.

- Tothill JC; Hargreaves JNG; Jones RM; McDonald CK. (1978) BOTANAL – A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. 1. Field Sampling. *Tropical Agronomy Technical Memorandum* (78).
- Tucker CJ. (1980) Critical review of remote sensing and other methods for non-destructive estimation of standing crop biomass. *Grass and Forage Science* 35(3): 177-182.
- Tucker CJ; Sellers PJ. (1986) Satellite remote sensing for primary production. *International Journal of Remote Sensing* 7(11): 1395-1416.
- Tuljapurkar S. (1989) An uncertain life: demography in random environments. *Theoretical population biology* 35(3): 227-294.
- Vitousek PM; Ehlich PR; Ehlich AH; Matson PA. (1986) Human appropriation of the products of photosynthesis. *Bioscience* 36(6): 368-73.
- Villagra ES. (2002) Fencing and sheltering increase the number of marketable lambs in northern Patagonia, Argentina. Thesis of Master of Science in Agriculture. Georg-August University, Göttingen, Germany. 84 p.
- Villagra ES. (2005) Does Product Diversification Lead Sustainable Development of Smallholder Production Systems in Northern Patagonia, Argentina?. Cuvillier Verlag. 123 p.
- Villagra ES. (2010) Ambiente y sistemas ovinos de producción en la provincia de Río Negro. Mueller J; Cueto M. (Eds). *Actualización en Producción Ovina 2010*. Ediciones INTA. p 1-17.
- Villagra ES; Easdale MH; Giraudo CG; Bonvissuto GL. (2015) Productive and income contributions of sheep, goat and cattle, and different diversification schemes in smallholder production systems of Northern Patagonia, Argentina. *Tropical Animal Health and Production* 45(5): 1373-1380.
- Villagra ES; Easdale MH; Giraudo CG; Bustos C; Bolla D. (2009) Situación de la ganadería extensiva de la provincia de Río Negro al final del ciclo productivo 2008-2009. Recuperado el 20 de junio del 2017 en http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-situacion_de_la_ganaderia_extensiva_de_rio_negro.pdf
- Villagra ES; Giraudo CG. (2010) Aspectos sistémicos de la producción ovina en la provincia de Río Negro. *Revista Argentina de Producción Animal*. 30(2): 211-224.
- Villagra ES; Pelliza A; Willems P; Siffredi G. (2013) What does domestic livestock eat in Northern Patagonian rangelands?. *Animal Production Science* 53 (4): 360-367.
- Villar ML; Zimmerman M. (2010) Empleo de la condición corporal como indicador para el manejo de la majada y la calidad de la canal. Mueller J. y Cueto M. (Eds). *Actualización en Producción Ovina 2010*. Ediciones INTA. p 221-227.

- Wan Z; Li Z. (1997) A physics-based algorithm for retrieving land-surface emissivity and temperature from EOS/MODIS data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 35(4): 980–996.
- Whitford WG. (2002) *Ecology of desert systems*. Academic Press, an Elsevier Science Imprint, San Diego, California, 343 p.
- Yahdjian L; Sala OE. (2006) Vegetation structure constrains primary production response to water availability in the Patagonian steppe. *Ecology* 87(4): 952-962.
- Young JM; Thompson AN; Curnow M; Oldham CM. (2011) Whole-farm profit and the optimum maternal liveweight profile of Merino ewe flocks lambing in winter and spring are influenced by the effects of ewe nutrition on the progeny's survival and lifetime wool production. *Animal Production Science* 51(9): 821–833.

ANEXO

Anexo 2.1

Tabla 2.1.1: Peso Corporal promedio (Media) de hembras por categoría (Corderas, Borregas, Adultas y Viejas) en tres momentos (Preservicio, Preparto y Señalada. (E.E.): Error Estándar. n: número de animales. (c): número de campos. 2013, 2014, 2015: Temporada 2013, 2014 y 2015, respectivamente.

Peso Corporal (Kg)							
Temporada	Categoría	Momento					
		Preservicio		Preparto		Señalada	
		n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)
2013	Corderas	227 (14)	28,42 (0,44)	92 (11)	24,73 (0,44)	11 (3)	36,18 (1,46)
	Borregas	152 (13)	31,57 (0,86)	106 (10)	28,75 (0,76)	28 (4)	38,78 (1,87)
	Adultas	1297 (19)	36,16 (0,22)	775 (15)	34,94 (0,29)	143 (4)	39,97 (0,53)
	Viejas	252 (18)	40,85 (0,59)	167 (15)	38,08 (0,56)	31 (4)	41,24 (1,45)
2014	Corderas	277 (11)	27,75 (0,35)	252 (11)	27,88 (0,26)	63 (5)	41,14 (0,77)
	Borregas	203 (11)	38,09 (0,55)	231 (12)	36,19 (0,46)	101 (8)	46,38 (0,66)
	Adultas	490 (12)	38,84 (0,34)	523 (12)	38,3 (0,27)	152 (8)	43,54 (0,54)
	Viejas	281 (12)	41,48 (0,45)	184 (11)	39,07 (0,44)	134 (8)	44,57 (0,57)
2015	Corderas	70 (2)	31,85 (0,65)			40 (5)	36,82 (0,88)
	Borregas	29 (2)	44,98 (1,05)			63 (6)	45,89 (0,84)
	Adultas	94 (3)	43,5 (0,7)	109 (1)	44,02 (0,62)	128 (6)	45,46 (0,67)
	Viejas	24 (3)	42,6 (1,37)	33 (1)	39,62 (0,72)	77 (6)	40,76 (0,67)

Tabla 2.1.2: Peso Corporal promedio (Media) de Diente de leche (hembras y machos) en el momento de la Señalada para tres Temporadas (2013, 2014, 2015). (E.E.): Error Estándar. n: número de animales. (c): número de campos.

Peso Corporal (Kg)						
Sexo	Temporada					
	2013		2014		2015	
	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)
DL (Macho)	223 (7)	18,22 (0,41)	233 (9)	21,75 (0,51)	247 (6)	17,85 (0,34)
DL (Hembra)	289 (7)	19,00 (0,32)	361 (9)	22,71 (0,39)	253 (6)	18,25 (0,33)

Tabla 2.1.3: Peso Corporal promedio (Media) ajustado por el modelo de diente de leche (DL macho y DL Hembra) en el momento de la Señalada. (E.E.): Error Estándar. n: número de animales. (c): número de campos. T2013, T2014, T2015: Temporada 2013, 2014 y 2015, respectivamente. Sexo: DL (Macho) y DL (Hembra). Promedios con la misma letra en la misma fila o columna corresponde a diferencias no significativas ($p>0,05$) en un test de Bonferroni.

	Peso Corporal (Kg)						Sexo	
	T2013		T2014		T2015		n (c)	Media (E.E)
	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)		
DL (Macho)	223 (7)	18,09 (2,57)	233 (9)	18,43 (2,26)	247 (6)	18,31 (2,76)	703 (14)	18,28 (1,47) a
DL (Hembra)	289 (7)	17,63 (2,56)	361 (9)	17,55 (2,25)	253 (6)	17,62 (2,76)	903 (14)	17,60 (1,46) b
Temporada	512 (7)	17,86 (2,56) a	594 (9)	17,99 (2,25) a	500 (6)	17,97 (2,76) a		

Tabla 2.1.4: Peso Corporal promedio ajustado por el modelo (Media) de Corderas en tres momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y dos Temporadas (T2013 y T2014). (E.E.): Error Estándar. n: número de animales. (c): número de campos.

	Peso Corporal (Kg)				Momento	
	T2013		T2014		n (c)	Media (E.E)
	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)		
Preservicio	227 (14)	26,77 (1,15)	277 (11)	27,94 (1,18)	504 (16)	27,35 (0,83)
Preparto	92 (11)	26,82 (1,18)	252 (11)	28,44 (1,18)	344 (14)	27,63 (0,84)
Señalada	11 (3)	34,66 (1,69)	63 (5)	41,25 (1,25)	74 (8)	37,95 (1,05)
Temporada	330 (15)	29,42 (1,20)	592 (14)	32,54 (1,18)		

Tabla 2.1.5: Peso Corporal promedio ajustado por el modelo (Media) de Borregas en tres momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y dos Temporadas (T2013 y T2014). (E.E.): Error Estándar. n: número de animales. (c): número de campos.

	Peso Corporal (Kg)				Momento	
	T2013		T2014		n (c)	Media (E.E)
	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)		
Preservicio	152 (13)	33,63 (2,01)	203 (11)	38,26 (1,88)	355 (18)	35,95 (1,38)
Preparto	106 (10)	33,18 (2,02)	231 (12)	37,87 (1,88)	337 (14)	35,53 (1,38)
Señalada	28 (4)	35,12 (2,20)	101 (8)	45,38 (1,91)	129 (109)	40,25 (1,46)
Temporada	286 (14)	33,98 (2,02)	535 (15)	40,51 (1,87)		

Tabla 2.1.6: Peso Corporal promedio ajustado por el modelo (Media) de Adultas en tres momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y tres Temporadas (T2013, T2014 y T2015). (E.E.): Error Estándar. n: número de animales. (c): número de campos.

	Peso Corporal (Kg)						Momento	
	T2013		T2014		T2015		n (c)	Media (E.E)
	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)		
Preservicio	1297 (19)	39,44 (1,29)	490 (12)	39,26 (1,46)	94 (3)	49,32 (2,37)	1881 (21)	42,67 (1,02)
Preparto	775 (15)	37,22 (1,30)	523 (12)	38,19 (1,46)	109 (1)	45,30 (2,73)	1407 (18)	40,24 (1,12)
Señalada	143 (4)	37,78 (1,35)	152 (8)	44,50 (1,49)	128 (6)	42,91 (2,13)	423 (13)	41,73 (0,98)
Temporada	2215 (20)	38,15 (1,30)	1165 (16)	40,65 (1,45)	331 (8)	45,84 (2,16)		

Tabla 2.1.7: Peso Corporal promedio ajustado por el modelo (Media) de Viejas en tres momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y tres Temporadas (T2013, T2014 y T2015). (E.E.): Error Estándar. n: número de animales. (c): número de campos.

	Peso Corporal (Kg)						Momento	
	T2013		T2014		T2015		n (c)	Media (E.E)
	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)		
Preservicio	252 (18)	38,90 (1,41)	281 (12)	40,69 (1,55)	24 (3)	46,55 (2,70)	557 (20)	42,05 (1,14)
Preparto	167 (15)	36,23 (1,43)	184 (11)	37,40 (1,56)	33 (1)	36,74 (3,36)	384 (17)	36,79 (1,32)
Señalada	31 (4)	35,57 (1,68)	134 (8)	43,67 (1,59)	77 (6)	40,26 (2,29)	242 (13)	39,83 (1,08)
Temporada	330 (15)	29,42 (1,20)	592 (14)	32,54 (1,18)	592 (14)	32,54 (1,18)		

Anexo 2.2

Tabla 2.2.1.: Condición Corporal promedio (Media) de hembras por categoría: Corderas, Borregas, Adultas y Viejas. En tres momentos: Preservicio, Preparto, Señalada y tres Temporadas: 2013, 2014, 2015. (E.E.): Error Estándar. n: número de animales. (c): número de campos.

Condición Corporal							
Temporada	Categoría	Momento					
		Preservicio		Preparto		Señalada	
		n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)
2013	Corderas	227 (14)	2,78 (0,03)	94 (12)	2,74 (0,03)	13 (5)	2,92 (0,06)
	Borregas	164 (14)	2,65 (0,04)	128 (12)	2,74 (0,04)	36 (6)	2,55 (0,07)
	Adultas	1420 (20)	2,45 (0,01)	840 (17)	2,41 (0,01)	184 (7)	2,4 (0,04)
	Viejas	253 (18)	2,43 (0,03)	172 (17)	2,29 (0,03)	32 (5)	2,05 (0,13)
2014	Corderas	296 (12)	2,83 (0,02)	267 (13)	2,61 (0,02)	63 (5)	3,32 (0,07)
	Borregas	215 (12)	2,77 (0,02)	254 (14)	2,61 (0,02)	113 (9)	3,04 (0,04)
	Adultas	513 (13)	2,46 (0,02)	544 (14)	2,33 (0,02)	183 (9)	2,93 (0,03)
	Viejas	306 (13)	2,4 (0,02)	206 (13)	2,27 (0,03)	134 (8)	2,73 (0,04)
2015	Corderas	70 (2)	2,81 (0,03)			40 (5)	2,96 (0,02)
	Borregas	40 (3)	2,83 (0,05)			63 (6)	2,78 (0,03)
	Adultas	121 (3)	2,73 (0,03)	101 (1)	2,58 (0,03)	130 (6)	2,71 (0,03)
	Viejas	45 (3)	2,56 (0,05)	65 (1)	2,43 (0,04)	77 (6)	2,43 (0,04)

Tabla 2.2.2: Condición Corporal promedio (Media) ajustado por el modelo de Corderas en tres momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y dos Temporadas (T2013 y T2014). (E.E.): Error Estándar. n: número de animales. (c): número de campos.

	Condición Corporal				Momento	
	T2013		T2014		n (c)	Media (E.E)
	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)		
Preservicio	227 (14)	2,77 (0,07)	296 (12)	2,80 (0,07)	523 (16)	2,78 (0,05)
Preparto	94 (12)	2,75 (0,08)	267 (13)	2,58 (0,07)	361 (14)	2,67 (0,05)
Señalada	13 (5)	2,86 (0,12)	63 (5)	3,30 (0,08)	76 (9)	3,08 (0,07)
Temporada	334 (15)	2,79 (0,07)	626 (14)	2,89 (0,08)		

Tabla 2.2.3: Condición Corporal promedio (Media) ajustado por el modelo de Borregas en tres momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y dos Temporadas (T2013 y T2014). (E.E.): Error Estándar. n: número de animales. (c): número de campos.

	Condición Corporal				Momento	
	T2013		T2014		n (c)	Media (E.E)
	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)		
Preservicio	164 (13)	2,68 (0,07)	215 (12)	2,79 (1,88)	379 (18)	2,74 (0,05)
Preparto	128 (12)	2,71 (0,07)	254 (14)	2,63 (0,07)	382(17)	2,67 (0,05)
Señalada	36 (6)	2,53 (0,09)	113 (9)	3,02 (0,07)	149 (11)	2,77 (0,06)
Temporada	328 (14)	2,64 (0,07)	582 (15)	2,81 (0,06)		

Tabla 2.2.4: Condición Corporal promedio (Media) ajustado por el modelo de Adultas en tres momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y tres Temporadas (T2013, T2014 y T2015). (E.E.): Error Estándar. n: número de animales. (c): número de campos.

	Condición Corporal						Momento	
	T2013		T2014		T2015		n (c)	Media (E.E)
	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)		
Preservicio	1420 (20)	2,58 (0,06)	513 (13)	2,46 (0,07)	121 (3)	2,76 (0,14)	2054 (22)	2,60 (0,06)
Preparto	840 (17)	2,55 (0,07)	544 (14)	2,33 (0,07)	101 (1)	2,49 (0,15)	1485 (19)	2,46 (0,06)
Señalada	184 (7)	2,49 (0,07)	183 (9)	2,99 (0,08)	130 (6)	2,68 (0,11)	497 (14)	2,72 (0,05)
Temporada	2444 (20)	2,54 (0,06)	1240 (16)	2,59 (0,07)	352 (8)	2,65 (0,11)		

Tabla 2.2.5: Condición Corporal promedio (Media) ajustado por el modelo de Viejas en tres momentos (Preservicio, Preparto y Señalada) y tres Temporadas (T2013, T2014 y T2015). (E.E.): Error Estándar. n: número de animales. (c): número de campos.

	Condición Corporal						Momento	
	T2013		T2014		T2015		n (c)	Media (E.E)
	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)	n (c)	Media (E.E)		
Preservicio	253 (18)	2,30 (0,08)	306 (13)	2,43 (0,08)	45 (3)	2,52 (0,15)	604 (20)	2,41 (0,06)
Preparto	172 (17)	2,22 (0,08)	206 (13)	2,25 (0,08)	65 (1)	2,30 (0,16)	443 (18)	2,26 (0,07)
Señalada	32 (5)	1,87 (0,10)	134 (8)	2,78 (0,09)	77 (6)	2,39 (0,12)	243 (14)	2,35 (0,06)
Temporada	457 (19)	2,13 (0,08)	646 (15)	2,49 (0,08)	187 (8)	2,40 (0,12)		

Anexo 3.1

Extractos de las matrices de correlación correspondientes al análisis exploratorio entre diferentes períodos de las variables climáticas (precipitación y temperatura) con el Índice de vegetación normalizado (IVN) y las variables de productividad secundaria.

Tabla 3.1.1: Matriz de correlación mostrando las relaciones entre diferentes periodos de precipitación acumulada (PPT) y el Índice de vegetación normalizado (IVN). ene: enero; feb: febrero; mar: marzo; abr: abril; may: mayo; jun: junio; jul: julio; ago: agosto; sep: septiembre; los números del IVN corresponden a días julianos. n: año n; n+1: año siguiente a n.

	IVN_353_n_49_n+1	IVN_1_n+1_49_n+1	IVN_17_n+1_49_n+1	IVN_33_n+1_49_n+1	IVN_49_n+1_49_n+1	IVN_353_n_33_n+1	IVN_1_n+1_33_n+1	IVN_17_n+1_33_n+1	IVN_33_n+1_33_n+1	IVN_353_n_17_n+1	IVN_1_n+1_17_n+1	IVN_17_n+1_17_n+1	IVN_353_n_1_n+1	IVN_1_n+1_1_n+1
PPT_ene_n_sep_n	0,520	0,522	0,520	0,510	0,443	0,534	0,540	0,547	0,559	0,524	0,528	0,531	0,244	0,260
PPT_feb_n_sep_n	0,509	0,510	0,508	0,497	0,429	0,523	0,529	0,536	0,548	0,513	0,517	0,520	0,232	0,249
PPT_mar_n_sep_n	0,512	0,513	0,511	0,499	0,429	0,527	0,533	0,540	0,552	0,517	0,522	0,525	0,235	0,251
PPT_abr_n_sep_n	0,543	0,542	0,539	0,530	0,466	0,557	0,559	0,564	0,576	0,548	0,549	0,548	0,281	0,296
PPT_may_n_sep_n	0,665	0,662	0,658	0,644	0,596	0,676	0,675	0,676	0,674	0,674	0,672	0,672	0,416	0,422
PPT_jun_n_sep_n	0,664	0,662	0,659	0,644	0,596	0,675	0,675	0,677	0,674	0,672	0,673	0,675	0,408	0,415
PPT_jul_n_sep_n	0,620	0,624	0,619	0,601	0,523	0,638	0,647	0,653	0,658	0,628	0,639	0,643	0,337	0,362
PPT_ago_n_sep_n	0,605	0,610	0,607	0,588	0,507	0,622	0,635	0,642	0,648	0,611	0,625	0,631	0,306	0,333
PPT_sep_n_sep_n	0,443	0,442	0,437	0,434	0,369	0,456	0,459	0,460	0,482	0,446	0,446	0,436	0,308	0,336

Tabla 3.1.2: Matriz de correlación mostrando las relaciones entre diferentes periodos de temperatura máxima promedio (TMAX) y el Índice de vegetación normalizado (IVN). Los números del IVN y la TMAX corresponden a días julianos. n: año n; n+1: año siguiente a n.

	IVN_353_n_49_n+1	IVN_1_n+1_49_n+1	IVN_17_n+1_49_n+1	IVN_33_n+1_49_n+1	IVN_49_n+1_49_n+1	IVN_353_n_33_n+1	IVN_1_n+1_33_n+1	IVN_17_n+1_33_n+1	IVN_33_n+1_33_n+1	IVN_353_n_17_n+1	IVN_1_n+1_17_n+1	IVN_17_n+1_17_n+1	IVN_353_n_1_n+1	IVN_1_n+1_1_n+1
TMAX_353_n_25_n+1	-0,445	-0,430	-0,418	-0,422	-0,440	-0,444	-0,424	-0,403	-0,397	-0,457	-0,433	-0,405	-0,453	-0,438
TMAX_361_n_25_n+1	-0,434	-0,419	-0,405	-0,407	-0,412	-0,436	-0,418	-0,397	-0,395	-0,446	-0,426	-0,396	-0,451	-0,444
TMAX_1_n+1_25_n+1	-0,583	-0,570	-0,562	-0,565	-0,574	-0,582	-0,565	-0,549	-0,543	-0,591	-0,571	-0,550	-0,564	-0,557
TMAX_9_n+1_25_n+1	-0,635	-0,626	-0,618	-0,618	-0,600	-0,639	-0,628	-0,618	-0,621	-0,641	-0,628	-0,611	-0,525	-0,529
TMAX_17_n+1_25_n+1	-0,590	-0,576	-0,568	-0,575	-0,579	-0,589	-0,571	-0,556	-0,558	-0,596	-0,574	-0,549	-0,550	-0,547
TMAX_25_n+1_25_n+1	-0,393	-0,376	-0,364	-0,369	-0,392	-0,391	-0,368	-0,346	-0,339	-0,405	-0,379	-0,350	-0,501	-0,492

Tabla 3.1.3: Matriz de correlación mostrando las relaciones entre diferentes periodos de precipitación acumulada (PPT) y el peso corporal al Preservicio de las ovejas adultas (PC_PS). may: mayo; jun: junio; jul: julio; ago: agosto; sep: septiembre; n: año n.

	PPT_may_n_sep_n	PPT_jun_n_sep_n	PPT_jul_n_sep_n	PPT_ago_n_sep_n	PPT_sep_n_sep_n	PPT_may_n_ago_n	PPT_jun_n_ago_n	PPT_jul_n_ago_n	PPT_ago_n_ago_n	PPT_may_n_jul_n	PPT_jun_n_jul_n	PPT_jul_n_jul_n	PPT_may_n_jun_n	PPT_jun_n_jun_n
PC_PS	0,676	0,656	0,604	0,592	0,592	0,668	0,645	0,591	0,569	0,672	0,636	0,555	0,666	0,610

Tabla 3.1.4: Matriz de correlación mostrando las relaciones entre diferentes periodos del Índice de vegetación normalizado (IVN) y el peso corporal al Preservicio de las ovejas adultas (PC_PS). Los números del IVN corresponden a días julianos. n: año n; n+1: año siguiente a n.

	IVN_353_n_49_n+1	IVN_1_n+1_49_n+1	IVN_17_n+1_49_n+1	IVN_33_n+1_49_n+1	IVN_49_n+1_49_n+1	IVN_353_n_33_n+1	IVN_1_n+1_33_n+1	IVN_17_n+1_33_n+1	IVN_33_n+1_33_n+1	IVN_353_n_17_n+1	IVN_1_n+1_17_n+1	IVN_17_n+1_17_n+1	IVN_353_n_1_n+1	IVN_1_n+1_1_n+1
PC_PS	0,733	0,728	0,715	0,704	0,701	0,735	0,730	0,713	0,689	0,742	0,741	0,728	0,697	0,696

Tabla 3.1.5: Matriz de correlación mostrando las relaciones entre diferentes periodos de temperatura máxima promedio (TMAX) y la Señalada. Los números de TMAX corresponden a días julianos. n+1: año siguiente a n.

	TMAX_297_n+1_337_n+1	TMAX_305_n+1_337_n+1	TMAX_313_n+1_337_n+1	TMAX_321_n+1_337_n+1	TMAX_329_n+1_337_n+1	TMAX_337_n+1_337_n+1	TMAX_297_n+1_329_n+1	TMAX_305_n+1_329_n+1	TMAX_313_n+1_329_n+1	TMAX_321_n+1_329_n+1	TMAX_329_n+1_329_n+1	TMAX_297_n+1_321_n+1	TMAX_305_n+1_321_n+1	TMAX_313_n+1_321_n+1	TMAX_321_n+1_321_n+1
SEÑALADA	-0,642	-0,615	-0,673	-0,672	-0,664	-0,636	-0,626	-0,590	-0,677	-0,663	-0,652	-0,593	-0,546	-0,650	-0,552