

# **Patrones de distribución espacial de ovinos en sistemas ganaderos extensivos de Patagonia Sur**

*Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires,  
Área Ciencias Agropecuarias*

**Sebastián Gabriel Ormaechea**

**Ingeniero Agrónomo (2005), Universidad Nacional de Córdoba**

**Magister Scientiae en Recursos Naturales (2013), Universidad de Buenos Aires**

Lugar de trabajo: Estación Experimental INTA Santa Cruz



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano  
Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires



**Año 2020**

## **COMITÉ CONSEJERO**

Director de tesis

**Pablo L. Peri**

Ingeniero Forestal (Universidad Nacional de La Plata)

Ph. D., (Lincoln University. Nueva Zelanda)

Co-director de tesis

**Pablo A. Cipriotti**

Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires)

Doctor en Ciencias Agropecuarias (Universidad de Buenos Aires)

Consejero de estudios

**Roberto A. Distel**

Ingeniero Agrónomo (Universidad Nacional de La Pampa)

Magister en Producción Vegetal (Universidad Nacional del Sur)

Ph. D. en Ciencias de Pastizales (Utah State University. EE.UU.)

## **JURADO DE TESIS**

JURADO

**Mónica Beatriz Bertiller**

Ingeniera Agrónoma (Universidad de Buenos Aires)

Dr. en Ciencias Forestales (Universität Göttingen. Alemania)

JURADO

**Juan Manuel Morales**

Lic. en Ecología (Universidad Nacional de La Plata)

Lic. en Zoología (Universidad Nacional de La Plata)

M. Sc., Zoology (North Carolina State University. EE.UU.)

Ph. D., Ecology and Evolutionary Biology (University of Connecticut. EE.UU.)

JURADO

**Hector Raúl Peinetti**

Lic. en Ciencias Biológicas (Universidad Nacional del Sur)

Ph. D., Rangeland Ecosystem Science (Colorado State University. EE.UU.)

Fecha de defensa de la tesis: 30 de septiembre de 2020

*Le dedico esta tesis a Lau, Juli y Emi, por hacer que todos los días valiera la pena el esfuerzo.*

## AGRADECIMIENTOS

Fundamentalmente a Pablo Peri, por la confianza, el aliento y su entrega permanente. A Leonardo Huertas, Francisco Mattenet y Santiago Toledo por su enorme ayuda y acompañamiento. A mis consejeros de estudio Pablo Cipriotti y Roberto Distel por sus valiosos aportes y enorme paciencia. A Andrés Moltoni, Nicolás Clemares y Ezequiel Gorandi por el desarrollo de los collares GPS y por confiar en un proyecto de trabajo conjunto. A David Algorry por su valiosa y desinteresada ayuda. A los productores y sus colaboradores, por brindarnos sus animales e instalaciones, pero principalmente por el tiempo dedicado. A Ovis XXI por brindarnos el valioso material de imágenes satelitales. A Vanesa Torres y Carolina Díaz del Pilar por prestar gentilmente su ayuda cada vez que acudí a ellas.

*Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.*

**PUBLICACIÓN DERIVADA DE LA TESIS**

- Ormaechea S, Peri PL, Cipriotti PA y Distel R (2019) El cuadro de pastoreo en los sistemas extensivos de Patagonia Sur. Percepción y manejo de la heterogeneidad. Ecología Austral 29:166-176.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
CAPÍTULO I.....	3
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	3
1.1 Planteo del problema y antecedentes generales.....	4
1.2 Descripción del sistema ganadero bajo estudio.....	6
1.3 Marco conceptual de selección de sitios por parte de ovinos en Patagonia Sur.....	7
1.4 Enfoque analítico para el estudio de patrones de distribución animal .....	10
1.5 Diferencias en los patrones de distribución animal en función del tipo de manejo del pastoreo.....	10
1.6 Usos y experiencias de manejo para mejorar la distribución de animales en pastoreo .....	12
1.7 Estructura de la tesis y objetivos .....	13
CAPÍTULO II .....	16
PERCEPCIÓN Y MANEJO DEL PASTOREO HETEROGRÉNEO EN LOS SISTEMAS EXTENSIVOS DE SANTA CRUZ.....	16
2.1 Introducción.....	17
2.2 Materiales y métodos.....	19
2.3 Resultados .....	20
2.4 Discusión .....	25
CAPÍTULO III.....	29
SELECCIÓN DE HABITAT POR OVINOS EN CAMPOS EXTENSIVOS DE PATAGONIA SUR.....	29
3.1 Introducción.....	30
3.2 Materiales y métodos.....	31
3.2.1 Área de estudio y mediciones descriptivas.....	31
3.2.2 Medición de las variables predictoras y posicionamientos GPS de los ovinos .....	33
3.2.3 Análisis de los datos .....	35
3.2.4 Construcción de un modelo de respuesta animal para sistemas ganaderos extensivos .....	35
3.3 Resultados .....	45
3.3.1 Caracterización ambiental de los cuadros de pastoreo .....	45
3.3.2 Modelo de respuesta animal para los 8 cuadros de pastoreo.....	47

3.4 Discusión .....	53
CAPÍTULO IV .....	56
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE OVINOS BAJO MANEJO CONTINUO Y ROTATIVO EN UN SISTEMA GANADERO EXTENSIVO DE SANTA CRUZ.....	56
4.1 Introducción.....	57
4.2 Materiales y métodos.....	58
4.2.1 Área de estudio .....	58
4.2.2 Esquema del ensayo experimental y mediciones de caracterización.....	60
4.2.3 Mediciones de comportamiento animal y análisis de datos.....	61
4.3 Resultados .....	64
4.4 Discusión .....	68
CAPÍTULO V .....	72
USO DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES COMO HERRAMIENTA DE MANEJO DEL PASTOREO EN GANADERÍA EXTENSIVA .....	72
5.1 Introducción.....	73
5.2 Materiales y métodos.....	74
5.2.1 Área de estudio .....	74
5.2.2 Ensayo experimental.....	75
5.2.3 Análisis de los datos .....	77
5.3 Resultados .....	78
5.3.1 Consumo de bloques.....	78
5.3.2 Comparación en la homogeneidad de uso entre tratamientos .....	78
5.4 Discusión .....	80
CAPÍTULO VI.....	83
DISCUSIÓN GENERAL.....	83
6.1 Percepción del pastoreo heterogéneo por parte de los productores ganaderos extensivos de Santa Cruz.....	84
6.2 Patrones de distribución espacial de ovinos en sistemas ganaderos extensivos....	86
6.3 Efecto del manejo sobre los patrones de distribución de ovinos en sistemas extensivos .....	87
6.4 Uso de bloques multinutricionales como herramienta de manejo del pastoreo en ganadería extensiva .....	88
6.5 Lineamientos futuros .....	88
BIBLIOGRAFÍA .....	90
APÉNDICE .....	106

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.1.</b> Escalas temporales y espaciales necesarias para describir y evaluar el comportamiento de forrajeo de grandes herbívoros. Los niveles espaciales reflejan unidades espaciales que grandes herbívoros pueden seleccionar (adaptado de Bailey y Provenza 2008). ....	9
<b>Cuadro 2.1.</b> Manejo del pastoreo, características y criterios de diseño de los cuadros en establecimientos ganaderos extensivos de Santa Cruz, Argentina.....	23
<b>Cuadro 2.2.</b> Consideraciones sobre la percepción y el manejo del pastoreo heterogéneo en establecimientos ganaderos extensivos de Santa Cruz, Argentina.....	24
<b>Cuadro 2.3.</b> Aplicación de tecnologías de manejo del pastoreo en establecimientos ganaderos extensivos de Santa Cruz, Argentina .....	25
<b>Cuadro 3.1.</b> Esquema espacial y temporal del ensayo. Se detalla la localización de los cuadros utilizados, su superficie y época de estudio.....	32
<b>Cuadro 3.2.</b> Descripción de las variables predictoras cuantitativas utilizadas en el análisis de selección de recursos por parte de ovinos, en 8 cuadros de pastoreo del sur de la provincia de Santa Cruz. ....	34
<b>Cuadro 3.3.</b> Características de los cuadros de pastoreo medidas durante el período de estudio. P%: Porcentaje de participación de superficie de la comunidad vegetal en el cuadro (%); DI: Disponibilidad forrajera al ingreso de los animales (kg MS/ha); CAI: Carga animal instantánea (EOP/ha); PP: Precipitación acumulada (mm) y T°: Temperatura media diaria (°C). Entre paréntesis se presentan los desvíos estándares...	46
<b>Cuadro 3.4.</b> Coeficientes de regresión estimados, intervalo de confianza, error estándar, valor z y significancia para las diferentes variables predictoras y sus interacciones, considerando el modelo se respuesta de ovinos bajo 8 cuadros de pastoreo del sur de Santa Cruz. ....	50
<b>Cuadro 4.1.</b> Cuadros bajo estudio, tipo de manejo (tratamiento), superficie, período de uso y carga animal instantánea (CAI) al momento de entrada de los animales. En la columna Período de uso, “Invierno” representa 15 días a partir del 21 de junio de 2015, “Verano ’15” representa 15 días a partir del 14 de diciembre de 2015, y “Verano ’16” representa 15 días a partir del 14 de diciembre de 2016. ....	61
<b>Cuadro 4.2.</b> Disponibilidad del pastizal y Porcentaje de fracción verde de cada comunidad vegetal para ambos tratamientos (MPC - Manejo de Pastoreo Continuo y MRP - Manejo Rotativo Planificado) y períodos de uso. Entre paréntesis se señala el error estándar de la media. ....	65
<b>Cuadro 4.3.</b> Distancia recorrida media diaria (DRMD), Velocidad de desplazamiento media diaria (VDMD), Área explorada media diaria (AEMD), Área explorada media diaria relativa (AEMDrel), Permanencia media diaria en área de bebida (PMDAB) y Frecuencia de bebida media diaria (FBMD) en los tres períodos de cada tratamiento (MPC - Manejo de Pastoreo Continuo y MRP - Manejo Rotativo Planificado), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. Entre paréntesis se señala el error estándar de la media. ....	66

<b>Cuadro 4.4.</b> Proporción de actividades diarias de los ovinos en los 3 períodos bajo estudio de cada tratamiento (MPC - Manejo de Pastoreo Continuo y MRP - Manejo Rotativo Planificado), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. Entre paréntesis se señala el correspondiente desvío estándar .....	67
Dentro de cada tratamiento, no se encontraron comportamientos congruentes entre estaciones del año ni aún dentro de la misma estación (Cuadro 4.5), lo cual inhabilita la realización de comparaciones entre los tratamientos.....	67
<b>Cuadro 4.5.</b> Índice de selección y Porcentaje de uso por parte de los ovinos en ambos tratamientos (MPC - Manejo de Pastoreo Continuo y MRP - Manejo Rotativo Planificado), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz.....	67
<b>Cuadro 5.1.</b> Esquema del diseño experimental. Se describe el orden de los tratamientos (T.) para ambos cuadros (Norte y Sur) en ambos años bajo estudio .....	75
<b>Cuadro 5.2.</b> Valores estimados por el modelo en escala <i>logit</i> que evalúa la proporción de área utilizada por el ganado bajo manejo tradicional y bajo el uso de bloques multinutricionales. El intercepto ( $\beta_0$ ) representa la proporción de uso en el cuadro Norte (CN) durante el tratamiento de bloque, mientras que el coeficiente $\beta_1$ representa el tratamiento de manejo tradicional. El parámetro $\beta_2$ indica el efecto de la proporción de área utilizada por los animales en el día previo y permite modelar la auto-correlación temporal en los datos, aunque su interpretación no es de interés para el análisis, incluir dicha variable mejora considerablemente el ajuste del modelo. El parámetro $\beta_3$ representa al cuadro Sur (CS). La tabla muestra los valores estimados para la media de los parámetros, el error estándar, el intervalo de confianza del 95 % (con sus límites inferior y superior) y el valor <i>p</i> asociado a la significancia de cada parámetro. Los valores <i>p</i> en negrita e itálica indican significancia estadística (i.e., valores <i>p</i> menores a 0,05). .....	79
<b>Cuadro Ap.3.4.</b> Calidad forrajera de las fracciones verde y seca del pastizal natural en los 8 cuadros de pastoreo bajo estudio. Las variables se expresan en porcentajes. PB: Proteína bruta; DMS: Digestibilidad de la materia seca. Entre paréntesis se presentan los desvíos estándares.....	112
<b>Cuadro Ap.3.5.</b> Cobertura de suelo (%) de los 8 cuadros de pastoreo bajo estudio. Entre paréntesis se presentan los desvíos estándares.....	113
<b>Cuadro Ap.3.6.</b> Precipitación acumulada diaria (mm) en los 8 cuadros bajo estudio en el sector sur de la provincia de Santa Cruz. En verde se destacan precipitaciones $> 0 < 3$ mm y en azul precipitaciones $> 3$ mm .....	114
<b>Cuadro Ap.3.7.</b> Correlaciones entre las variables cuantitativas estandarizadas bajo métodos Pearson y Spearman. Las correlaciones mayores a 0,1 se destacan mediante sombreado gris .....	114
<b>Cuadro Ap.4.6.</b> Análisis de la varianza entre tratamientos .....	118
<b>Cuadro Ap.4.7.</b> Precipitación acumulada diaria (mm) en los tres períodos bajo estudio de cada tratamiento (MPC - Manejo de Pastoreo Continuo y MRP - Manejo Rotativo Planificado), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. En verde se destacan precipitaciones mayores a 0 mm y en azul precipitaciones mayores a 3 mm.....	123

<b>Cuadro Ap.5.3.</b> Participación de los diferentes componentes en la elaboración de bloques multinutricionales utilizados a campo en Ea. El Milagro, Santa Cruz.....	123
<b>Cuadro Ap.5.4.</b> Parámetros promedio (desvío estándar) de calidad evaluados sobre bloques multinutricionales utilizados a campo en Ea. El Milagro, Santa Cruz.....	123
<b>Cuadro Ap.5.5.</b> Variables de consumo y visitas sobre bloques multinutricionales en el tratamiento con bloques para ambos años de estudio, Ea. El Milagro, Santa Cruz.....	124

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Clasificación de productores según su percepción y acción sobre el problema del pastoreo heterogéneo. Los porcentajes expuestos fueron calculados sobre el total de encuestados en todos los casos. El tamaño de los círculos es proporcional al porcentaje expuesto.....	21
<b>Figura 3.1.</b> Localización de los establecimientos bajo estudio en la zona sur de la provincia de Santa Cruz .....	32
<b>Figura 3.2.</b> Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo Las Casas, Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos. ....	37
<b>Figura 3.3.</b> Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo Puente, Ea. El Zurdo, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos. ....	38
<b>Figura 3.4.</b> Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo Borregas Sur, Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos. ....	39
<b>Figura 3.5.</b> Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo Cerro Negro, Ea. Punta Loyola, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos.....	40
<b>Figura 3.6.</b> Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo Montecarlo, Ea. Chali Aike, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos.....	41
<b>Figura 3.7.</b> Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo West Ruta, Ea. Monte Dinero, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos. ....	42
<b>Figura 3.8.</b> Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo Maragata, Ea. La Argentina, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del	

terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos. ....	43
<b>Figura 3.9.</b> Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo La Faja, Ea. Morro Chico, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos. ....	44
<b>Figura 3.11.</b> Geoposiciones de 5 ovinos (frecuencia 5 min) sobre cuadrículas vectoriales (100x100m) de 8 cuadros de pastoreo del sur de la provincia de Santa Cruz. A: Las Casas, B:Puente, C:Borregas Sur, D:Montecarlo, E:Cerro Negro, F:West Ruta, G:Maragat y H: La Faja. ....	48
<b>Figura 3.12.</b> Valores predichos para el conteo de geoposiciones ovinas en función de la altitud del terreno relativa (ALT) bajo 4 escenarios que combinan valores bajos y altos (50 y 1630 m) de Distancia a los alambres (DAL) con bajos y altos (20 y 380 Kg MS/ha) de disponibilidad forrajera (FJE). Los valores predichos se corresponden al modelo estimado a partir de los datos de distribución espacial de ovinos en 8 cuadros de pastoreo del sur de Santa Cruz.....	50
<b>Figura 3.13.</b> Valores predichos para el conteo de geoposiciones ovinas en función de la Altitud del terreno relativa (ALT) bajo 4 escenarios que combinan valores bajos y altos (-1 y 0,2) de nortitud (NOR) con bajos y altos (20 y 380 Kg MS/ha) de disponibilidad forrajera (FJE).. Los valores predichos se corresponden al modelo estimado a partir de los datos de distribución espacial de ovinos en 8 cuadros de pastoreo del sur de Santa Cruz.....	52
<b>Figura 3.17.</b> Efecto aleatorio entre cuadros considerando el modelo de respuesta de ovinos bajo 8 cuadros de pastoreo del sur de Santa Cruz. ....	52
<b>Figura 4.1.</b> Localización de Ea. Los Pozos en la provincia de Santa Cruz y cuadros correspondientes al presente ensayo. Los cuadros al norte de la línea divisoria (línea punteada) se encuentran bajo Manejo Rotativo Planificado (Holístico), y los ubicados al sur bajo Manejo de Pastoreo Continuo. ....	59
<b>Figura 4.2.</b> Geoposiciones de 5 ovinos (Invierno de 2015) sobre cuadros de pastoreo MPC (izquierda) y MRP (derecha), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz.....	63
<b>Figura 4.3.</b> Geoposiciones de 5 ovinos (Verano de 2015-2016) sobre cuadros de pastoreo MPC (izquierda) y MRP (derecha), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. 63	
<b>Figura 4.4.</b> Geoposiciones de 5 ovinos (Verano de 2016-2017) sobre cuadros de pastoreo Las Casas (MPC) y Borregas Sur (MRP), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. ....	63
<b>Figura 5.1.</b> Localización de cuadros de estudio, posición de aguadas y sitio estratégico para bloques. Estancia El Milagro, provincia de Santa Cruz, Argentina.....	75
<b>Figura 5.2.</b> Valores estimados puntuales de la proporción de uso del cuadro por el ganado ovino. Los valores son resultado del modelo ajustado luego de aplicar la inversa de la función <i>logit</i> . Las barras representan el intervalo de confianza del 95 %. ....	79
<b>Figura 5.3.</b> Geolocalizaciones correspondientes a 5 ovinos durante una semana, bajo los diferentes tratamientos (Con bloques - Sin bloques), cuadros (Norte - Sur) y años de	

estudio (2015 - 2016). Los puntos azules corresponden a las aguadas y los puntos rojos son el sitio de colocación de los bloques multinutricionales. ....	80
<b>Figura 6.1.</b> Relación entre los elementos y factores del sistema productivo bajo estudio. El grosor de las líneas sólidas hace referencia al nivel de incidencia del factor sobre la toma de decisiones. Las cajas grises corresponden a elementos poco visibles o detectables para el productor ganadero extensivo. *Actividad diaria refiere al tiempo dedicado al pastoreo, descanso o traslado por parte de los ovinos. ....	85
<b>Figura Ap.3.10.</b> Temperatura media diaria (A), Temperatura mínima diaria (B) y Velocidad de viento media diaria (C) en los 8 cuadros bajo estudio en el sector sur de la provincia de Santa Cruz. ....	115
<b>Figura Ap.3.14.</b> Frecuencia de valores residuales bajo el modelo de respuesta ovino sobre los 8 cuadros de pastoreo bajo estudio. ....	116
<b>Figura Ap.3.15.</b> Relación de los residuos con los predichos bajo el modelo de respuesta ovino sobre los 8 cuadros de pastoreo bajo estudio. ....	116
<b>Figura Ap.3.16.</b> Variograma empírico de la auto-correlación de los residuos para el modelo de respuesta ovino sobre los 8 cuadros de pastoreo bajo estudio. ....	116
<b>Figura Ap.4.5.</b> Comunidades vegetales en cuadros Las Casas (izquierda), Borregas Sur (centro) y Capones Sur (derecha), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. ....	118
<b>Figura Ap.4.6.</b> Temperatura media diaria (A), Temperatura mínima diaria (B) y Velocidad de viento media diaria (C) en los 6 períodos bajo estudio (tres períodos por tratamiento), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. ....	122

## ABREVIATURAS

CAI: Carga animal instantánea	m: metro
cm: centímetro	$m^2$ : metro cuadrado
CSV: valores separados por coma	mAh: miliamperios-hora
d: día	MCP: Polígono convexo mínimo
DEM: Modelo de elevación digital	MH: Manejo Holístico
DMS: Digestibilidad de la materia seca	min: minuto
DP: Disponibilidad del pastizal	mm: milímetro
Ea.: Estancia	MPC: Manejo del Pastoreo Continuo
EOP: Equivalente ovino patagónico	MRP: Manejo Rotativo Planificado
g: gramo	MS: materia seca
GPS: Sistema de posicionamiento global	m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar
h: hora	PB: Proteína bruta
ha: hectárea	PROVINO: Servicio argentino de información y evaluación genética de ovinos, caprinos y camélidos
INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censo	RSF: Función de selección de recursos
INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria	s: segundo
IS: Índice de selección	SENASA: Servicio nacional de sanidad animal
KB: Kilobyte	SIG: Sistema de información geográfica
Kg: kilogramo	V: Voltio
km: kilómetro	°C: grados Celsius

## RESUMEN

### **Patrones de distribución espacial de ovinos en sistemas ganaderos extensivos de Patagonia Sur**

La producción ovina en Patagonia Sur se realiza sobre extensos cuadros de 1000 a más de 5000 ha. En ese contexto, los animales seleccionan libremente los sitios de pastoreo generando a veces áreas sobrepastoreadas y subutilizadas, lo cual afecta la sustentabilidad del pastizal y su uso eficiente. Por ello, se realizó una encuesta a productores con el fin de interpretar como perciben la problemática del pastoreo heterogéneo. Se encontró que los productores detectan la problemática, aunque no dimensionan totalmente el impacto sobre la sustentabilidad ecológica del sistema. Además, presentan diversas limitaciones para la aplicación de tecnologías de remediación. Por otro lado, para abordar la problemática del pastoreo heterogéneo, se buscó identificar los elementos del ambiente que definen los patrones naturales de distribución en sistemas extensivos. Para ello, se determinó un modelo predictivo de la distribución espacial de ovinos, basado en el análisis de 8 cuadros de pastoreo del sur de Santa Cruz. En cada cuadro se equiparon ovinos con collares GPS y se analizó la selección de sitios en relación a variables forrajeras, antrópicas y geomorfológicas. Se encontró que la distribución de los ovinos responde fundamentalmente a la interacción de la altura del terreno con la disponibilidad forrajera y la distancia a alambrados. También, se analizaron patrones de distribución de ovinos bajo diferentes manejos del pastoreo (Holístico vs Continuo) y se evaluó el uso de atractivos (bloques multinutricionales) para mejorar la distribución de los animales en los cuadros. Al contrastar manejos, no se obtuvieron diferencias que expliquen las variaciones en la respuesta productiva, por lo que se considera posible que las eventuales diferencias se manifiesten bajo otras escalas de observación. El uso de los bloques atractivos mejoró la homogeneidad de uso de los cuadros, lo cual significa una importante herramienta de manejo del pastoreo en estos sistemas. Esta tesis aporta información práctica y de base para desarrollar nuevas tecnologías de uso y conservación del pastizal natural.

**Palabras clave:** pastoreo heterogéneo, collares GPS, comportamiento animal, Manejo Holístico, bloques multinutricionales, encuesta.

## ABSTRACT

### Spatial distribution patterns of sheep in extensive rangelands of South Patagonia

The sheep production in South Patagonia is carried out on extensive paddocks of 1000 to more than 5000 ha. In this context, the animals freely select the grazing sites, sometimes generating overgrazed and underutilized areas, which affects the grassland sustainability and its efficient use. Therefore, a survey was conducted to ranchers in order to interpret how they perceive the problem of heterogeneous grazing. It was found that ranchers detect the problem although they do not fully measure the impact on the ecological sustainability of the system. They also have various limitations for the application of remediation technologies. On the other hand, to address the problem of heterogeneous grazing, we sought to identify the elements of the environment that define the natural patterns of distribution in extensive systems. To do this, a predictive model of the spatial distribution of sheep was determined, based on the analysis of 8 grazing paddocks in southern Santa Cruz. In each paddock, sheep were equipped with GPS collars and site selection was analyzed in relation to forage, anthropic and geomorphological variables. It was found that the distribution of the sheep responds fundamentally to the interaction of the terrain elevation, the forage availability and the distance to fences. Also, sheep distribution patterns were analyzed under different grazing management (Holistic vs Continuous) and the use of attractive (nutritional blocks) was evaluated to improve the distribution of animals in the paddocks. When contrasting management, no differences were obtained that explain the variations in the productive response, so it is considered possible that differences are manifested under other scales of observation. The use of attractive blocks improved the homogeneity of paddock use, which means an important tool for grazing management in these systems. This thesis provides practical and basic information to develop new technologies for the use and conservation of natural grassland.

**Key words:** heterogeneous grazing, GPS collars, animal behavior, Holistic Management, nutritional blocks, survey.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN GENERAL**

## 1.1 Planteo del problema y antecedentes generales

Los pastizales naturales patagónicos son el sostén de producción para miles de sistemas ganaderos ovinos que, desde fines del siglo XIX, se han manejado en forma extensiva (Barbería 1995). Estos pastizales, que particularmente en Santa Cruz se desarrollan bajo un clima templado a templado-frío (Oliva et al. 2001), poseen en su mayoría una cobertura vegetal menor al 80% (León et al. 1998). Se trata de ecosistemas áridos a semiáridos donde el agua es el principal control de los procesos biológicos (Noy-Meir 1973), y por ende la productividad de los mismos está profundamente condicionada por la variabilidad anual de las precipitaciones (Jobbágy y Sala 2000). Pero además de la variación temporal, la distribución de agua en el suelo presenta también variaciones en el espacio que ocurren a distintas escalas producto de la topografía y la textura del suelo (Paruelo y Sala 1995; Ferrante 2011). Esto, en conjunto con el efecto de herbivoría, determina diferencias fisonómicas dentro del paisaje expresado en ambientes contrastantes por su topografía y vegetación dominante. A su vez, la separación artificial de los campos en cuadros de pastoreo impone condicionamientos a la distribución de los animales y a la presión que ejercen sobre los recursos pastoriles (Boone y Hobbs 2004; Ormaechea y Peri 2015). En el contexto descripto, lograr una utilización espacial homogénea representa un gran desafío en los sistemas ganaderos extensivos patagónicos.

La compatibilidad entre la conservación de la biodiversidad y la producción ganadera extensiva, depende en parte de la heterogeneidad en el uso del paisaje por parte de los animales y del grado de herbivoría con el que evolucionaron los pastizales (Cingolani et al. 2008). En este sentido, determinar qué recursos son seleccionados es de particular interés para la conservación de la biodiversidad. También lo es así para el manejo de sistemas ganaderos, ya que provee bases fundamentales acerca de la naturaleza selectiva de los animales para satisfacer sus requerimientos para sobrevivir (Manly et al. 2002). Plachter y Hampike (2010) señalan que en los últimos años hubo un incremento en los debates concernientes al pastoreo de herbívoros domésticos ya que son parte del desarrollo de los paisajes terrestres. Por su parte, Brizuela et al. (2011) señalan que el estudio de los factores que conducen los patrones espaciales de distribución en pastoreo de herbívoros domésticos, es central en la ecología de los recursos naturales y su manejo. El patrón de distribución de los animales sobre el pastizal tiene importantes implicancias en la ingesta de forraje y en la producción animal, como así también en los disturbios de suelo y la producción del pastizal en el largo plazo (Stafford Smith 1988).

En este marco, el entendimiento del comportamiento animal, examinando sus bases biológicas, se vuelve un elemento fundamental en todas las decisiones de manejo del sistema ganadero (Lynch et al. 1992). En las últimas décadas, ha aumentado sustancialmente el conocimiento de los factores interviniéntes en los patrones de distribución espacial del ganado (Brizuela et al. 2011) logrando alcanzar variadas mejoras en la producción pecuaria (Ortega Cerrilla y Gómez Danés 2006; Sampedro et al. 2010).

Los factores bióticos y abióticos que inciden en las decisiones que toman los animales en pastoreo son numerosos, y han sido abarcados ampliamente en la literatura científica (Squires 1974; Arnold 1982; Bailey et al. 1996; Howery et al. 1998; Bailey y Provenza 2008). Sin embargo, la interacción entre factores determina que sea un comportamiento complejo, haciendo necesarios estudios bajo diferentes condiciones

ambientales (Dudzinski y Arnold 1979; Shinde et al. 1997; Marijuán et al. 1998). Estos factores, que condicionan el comportamiento del ganado en sistemas extensivos, operan a diferentes escalas (planta, parche, comunidad vegetal, paisaje, región) (Senft et al. 1987) y se relacionan con las actividades diarias del animal (pastoreo, búsqueda, descanso y traslado) (Bailey y Provenza 2008). Particularmente la actividad de pastoreo, como determinante de la condición corporal de los animales y de su respuesta productiva, está influenciada por la heterogeneidad y diversidad de la vegetación disponible (Laca 2008).

Según Valentine (2001), los 4 principios del manejo del pastoreo son la carga animal, los tiempos de pastoreo, el tipo y clase animal, y su distribución. En Patagonia es mucho lo que se ha desarrollado respecto de determinar la disponibilidad del pastizal, y poder así asignar la carga animal adecuada a los cuadros (Bonvissuto y Somlo 1998; Golluscio et al. 1998; Nakamatsu et al. 1998; Borrelli y Oliva 2001b; Siffredi y Becker 2001; Bonvissuto y Lanciotti 2002; Elissalde et al. 2002; Siffredi et al. 2005a,b,c; Bottaro et al. 2007; Oliva et al. 2011; Peri 2009a,b; Peri et al. 2013; Andrade et al. 2016). Por otra parte, se está promoviendo desde el sector privado el sistema basado en las teorías de Allan Savory que hace hincapié en los tiempos de pastoreo (Savory y Butterfield 1999). Además, se está trabajando en el mejoramiento animal mediante el servicio de información y evaluación genética que promueve el INTA (PROVINO), o mediante la introducción de la raza Dohne Merino por parte de INTA y el biotipo Merino Multipropósito promovido por la marca internacional MPM (<http://www.mpmsudamerica.com>). En ambos casos, se busca contar con animales de doble propósito (lana - carne) con mayor adaptación ambiental y mejores índices productivos (Rivera y Patella 2013; Sturzenbaum et al. 2015; Iglesias 2016).

No obstante, todo lo expuesto, pocos trabajos han avanzado en la región en la promoción de nuevas tecnologías para mejorar la distribución espacial de los animales en sistemas extensivos (e.g., Di Virgilio y Morales 2016). En este sentido, Distel et al. (2004) realizaron un estudio con rigor científico que evalúa el comportamiento de ovinos condicionados intencionalmente por la localización estratégica de suplemento.

El uso poco uniforme de los pastizales es un problema que existe desde que estos se comenzaron a usar para la cría de animales domésticos, siendo uno de los elementos más importantes a solucionar en el manejo del pastoreo (Williams 1954). En Patagonia, la escasez de apotreramiento o realización incorrecta de los mismos (Golluscio et al. 1998; Cibils y Coughenour 2001), denota una falta de conocimiento general de la influencia del ambiente natural y de la forma de los cuadros sobre la distribución del pastoreo y las actividades diarias del ovino. Golluscio et al. (1999) señalan la existencia de sitios contrastantes dentro de los cuadros de pastoreo, lo cual promueve el uso heterogéneo del pastizal al combinar lugares más y menos atractivos para la hacienda. También destacan que esto imposibilita controlar la intensidad y la época de pastoreo de los sitios atractivos (mallines e invernadas) los cuales tienden a degradarse. Cuando el productor no percibe este problema, y por ende no adecúa la carga ni previene el pastoreo heterogéneo del pastizal, se produce un sobrepastoreo de los sitios preferidos afectando el crecimiento y la productividad del pastizal (Ash y Stafford Smith 1996). Por ende, aunque se observa un avance en el conocimiento a nivel mundial sobre el comportamiento animal, esto no parece haber tomado fuerte relevancia en las pautas de manejo ni en el

diseño de cuadros por parte de los productores de Patagonia Sur (Santa Cruz y Tierra del Fuego), lo que puede significar además que el sector productivo no percibe la heterogeneidad del pastoreo como un problema. Los criterios para la mejora en el diseño de los cuadros deben apuntar fundamentalmente a lograr mayor uniformidad en el uso del recurso pastoril, evitando la existencia de sitios con sobrepastoreo o subutilización. Entre estos criterios, se destacan el tamaño y forma de los cuadros, la disponibilidad de aguadas y la separación de ambientes contrastantes.

## **1.2 Descripción del sistema ganadero bajo estudio**

Aunque la región patagónica cuenta con una enorme heterogeneidad ambiental y productiva, los sistemas ganaderos extensivos representan la actividad rural predominante del territorio (Cibils y Borrelli 2005). Este tipo de ganadería, principalmente con ovinos para producción de carne y lana, se caracteriza por el pastoreo libre de animales en grandes extensiones de pastizal natural en un ambiente de clima frío, fuertes vientos y marcada estacionalidad en el crecimiento del pastizal semiárido. En este ambiente, predominantemente con estepas de gramíneas y arbustos, la suplementación es casi inexistente o está reservada a ovinos de alta genética u otro tipo de animales como los equinos (Cibils y Borrelli 2005). Consecuencia de ello, la producción depende casi exclusivamente del pastizal natural. El esquema de manejo está ligado a la estacionalidad reproductiva del ovino, al cual se le brinda servicio en mayo, previa revisión clínica de los carneros. Luego de 5 meses de gestación comienza la parición, y con ello un período donde la oveja madre debe mantener un cordero lactante al pie y recuperar estado corporal para garantizar la preñez en el siguiente año. El destete generalmente coincide con la señalada (enero-febrero), que es el momento donde se contabilizan los corderos obtenidos en relación al número de ovejas madre. Además, es el momento donde se separan los corderos machos para la venta junto con las hembras que no quedarán para reposición del plantel de madres. Otro momento importante del año en el manejo de los ovinos es la actividad de esquila, la cual se realiza en septiembre (esquila preparto) o en enero (esquila postparto) coincidentemente con la señalada. La esquila preparto puede tener implicancias importantes en el comportamiento de distribución animal ya que las ovejas esquiladas en septiembre todavía deben soportar temperaturas bajas sin la protección térmica que les provee la lana. Esto puede significar que la sensación térmica del animal tenga un nivel jerárquico mayor en los condicionamientos que determinan la elección de sitios de pastoreo en la época primaveral (Blaxter 1977; Ormaechea 2012).

Una premisa del manejo ganadero es evitar movimientos innecesarios de la hacienda, por lo que las diferentes actividades del año (esquila, revisión pre-servicio y señalada) son el momento propicio para cambiar las majadas de cuadro de pastoreo. Sin embargo, es común que se utilice el mismo cuadro para una misma majada todo el año (pastoreo continuo) o que se aplique un esquema de Invernada-Veranada (Golluscio et al. 1998). En este caso, los animales se cambian de cuadro generalmente en mayo pasando de la Veranada a la Invernada, la cual posee menos probabilidad de precipitaciones nivales durante el invierno.

En síntesis, el manejo de las estancias patagónicas se caracteriza por las escasas intervenciones que se realizan sobre el sistema, siendo altamente dependientes de las variaciones interanuales del clima (Suarez 2009; Milicevic 2013).

### **1.3 Marco conceptual de selección de sitios por parte de ovinos en Patagonia Sur**

La selección es el proceso en el cual el animal elige un recurso, mientras que la preferencia es la probabilidad de que ese recurso sea seleccionado si este es ofrecido bajo las mismas condiciones que el resto (Johnson 1980). En la naturaleza, la selección de recursos se realiza en forma diferencial siendo una de las principales relaciones que permite a las especies coexistir (Rosenzweig 1981). La selección de sitios de pastoreo por parte de grandes herbívoros, como ovinos y bovinos, no son decisiones tomadas al azar, sino son realizadas en función de los diversos elementos del paisaje y en búsqueda de la máxima eficiencia de cosecha (Stephen y Krebs 1986). En el caso de manejo extensivo de ovinos, los rumiantes a menudo controlan sus propias respuestas a través de la búsqueda y selección de sus dietas, donde el pastoreo selectivo es exhibido en su máxima expresión (Brizuela y Cibils 2011).

Al igual que otros grandes herbívoros domésticos, el pastoreo de ovinos es influenciado por la ingesta potencial de forraje digestible (Hunter 1954; Gordon 1989). En este sentido, las ovejas ocupan más tiempo en tipos de vegetación que ofrecen mayor ganancia energética (Armstrong et al. 1997), lo cual varía a lo largo del año según cambia la digestibilidad y disponibilidad del forraje (Owen Smith 2002). En consecuencia, la heterogeneidad temporal y espacial de la biomasa y de la calidad forrajera determina un uso heterogéneo de la superficie por parte de los animales (Gross et al. 1995; Owen Smith 2002), que en muchos casos implica el sobrepastoreo o el uso ineficiente del pastizal natural. Aunque el comportamiento selectivo de los animales es común en diferentes ecosistemas, en sitios áridos y semiáridos puede ser una de las mayores causas de degradación del pastizal (Schlesinger et al. 1990; Fuls 1992). En este sentido, Golluscio et al. (1998) señalan que el pastoreo heterogéneo es uno de los tres factores de manejo relacionados con el impacto del pastoreo sobre los pastizales de la estepa patagónica; y que esto incrementa la intensidad y frecuencia de defoliación de pastos palatables<sup>1</sup> de áreas preferidas, llevando a la pérdida de vigor y, finalmente, la muerte de plantas individuales. Si por el contrario, la distribución del pastoreo es uniforme, hay un impacto positivo en la receptividad actual y potencial del pastizal natural (Fleming 1922, en Williams 1954). Por ello, el productor debe ser capaz de evaluar y modificar los patrones de uso de la superficie por parte de los animales para mejorar la distribución de los mismos. Esto requiere, entre otras cosas, el conocimiento de las características del recurso forrajero que afectan la distribución del ganado en pastoreo (Owens et al. 1991). Sin embargo, las características forrajeras no son el único determinante de la distribución de

<sup>1</sup> En este caso, así como en el resto de la tesis, el término palatable hace referencia al conjunto de características de un alimento (sabor, olor, aspecto, temperatura, textura y concentración de nutrientes) que estimulan una respuesta selectiva por parte de los ovinos en el contexto de los pastizales naturales patagónicos.

los herbívoros en pastoreo. Factores abióticos tales como la distancia al agua, la topografía y el clima son determinantes en la selección de hábitats en escalas de sitios de pastoreo o mayores (Bailey et al. 1996). En climas fríos, como en Patagonia Sur, los ovinos podrían condicionar su distribución espacial a la búsqueda de confort térmico, por lo cual, la altura del terreno (Tilton y Willard 1982), la orientación de los faldeos (Borrelli y Oliva 2001a), la pendiente (Hopewell et al. 2005) y el refugio que brindan los arbustales (Pollard 2006) o los bosques (Ormaechea y Peri 2015) pueden tener una jerarquía importante en los patrones de movimiento y apacentamiento por parte de los animales. Particularmente en paisajes de montaña, el ovino puede mantener una rutina diaria de movimiento con descanso nocturno en los sitios altos y descenso a los sitios bajos por la mañana en búsqueda de agua y alimento (Lynch et al. 1992). En consecuencia, la selección de sitios de pastoreo por parte de los animales responde a una compleja interacción de condicionantes que deben estudiarse a diferentes escalas espacio-temporales en la especificidad de cada lugar (Bailey y Provenza 2008).

En Patagonia, Cesa et al. (2006) analizaron la distribución espacial de ovinos mediante el uso de collares GPS en la Estepa Magallánica. Estos autores observaron que los animales variaron su distribución en relación a factores tales como la necesidad de termorregulación, la cercanía de agua de bebida y los atributos del pastizal natural en épocas de altos requerimientos energéticos. Por su parte, Bertiller y Ares (2008) en un ensayo realizado en los arbustales del Monte patagónico, encontraron que la selectividad de las ovejas por las diferentes unidades de vegetación fue determinada fuertemente por aspectos relacionados a la obstaculización visual, las defensas anti-herbívoros físicas y químicas de las plantas, y la oferta de especies preferidas. En tanto, Ormaechea y Peri (2015) estudiaron la selectividad de ambientes por parte de ovinos en paisajes con bosque nativo, estepas graminosas y mallines, detectándose que el ambiente de bosque fue el más elegido por los animales, posiblemente debido a un mayor confort térmico. En ese estudio, también se observó aversión al mallín en gran parte del año, pero asociado a la inaccesibilidad de los mismos por congelamiento y/o inundación, además de escasez forrajera. Por otra parte, es conocido que los animales prefieren los mallines o vegas para el pastoreo diurno por sus características forrajeras (alta calidad y disponibilidad), que buscan sitios altos y secos para el descanso nocturno y que las laderas de exposición norte son preferidas por una mayor insolación diaria que las mantiene más secas y cálidas (Borrelli y Oliva 2001a). No obstante, este comportamiento de ovinos en pastoreo debe ser estudiado con rigor científico para avanzar en el desarrollo de pautas de manejo que propendan a un uso más uniforme de los recursos forrajeros, evitando así tanto el sobrepastoreo como la subutilización de las comunidades vegetales en los potreros.

El presente estudio analizó los patrones de distribución de ovinos en sistemas ganaderos extensivos, donde los cuadros poseen grandes superficies (1000 - 5000 ha), que generalmente contienen varias comunidades vegetales. Considerando los rangos espacio temporales propuestos por Bailey y Provenza (2008) para describir y evaluar el comportamiento de forrajeo de grandes herbívoros, el presente estudio abarcaría desde Sitio de pastoreo hasta Área de uso durante el período de vida (Cuadro 1.1). Sin embargo, debido a las restricciones de paso que imponen los límites de los cuadros (alambrados) quedaron excluidos de este estudio los hábitos de migración y dispersión de los ovinos.

Por otro parte, se utilizaron collares GPS cuya precisión es de  $\pm 5$  m, e imágenes satelitales con una resolución de 30 x 30 m que permitieron distinguir comunidades vegetales dentro del paisaje del cuadro de pastoreo. Por ello, fue posible trabajar al nivel espacial de 1 ha, determinando así la selección de sitios de pastoreo por parte de los ovinos. En cuanto a la escala temporal, las decisiones sobre la selección de sitios de pastoreo ocurrieron entre sesiones de pastoreo que duran entre 1 a 4 horas (Cuadro 1.1).

Además de la preferencia forrajera, la interacción social es uno de los principales factores que definen la dieta y la selección de hábitat de los herbívoros domésticos (Bailey et al. 1996; Roguet et al. 1998; Dumont y Boissy 1999). Es decir, bajo condiciones de pastoreo, existen interacciones complejas entre la tendencia social de agrupamiento y las decisiones de forrajeo (Dumont y Boissy 2000; Boissy y Dumont 2002). En el caso de los ovinos, su comportamiento gregario y amplio campo visual ( $270^\circ$ ) le proporcionan un mayor tiempo dedicado al pastoreo ya que comparte con sus congéneres la labor de permanecer alerta frente a potenciales predadores (Lynch et al. 1992). No obstante, esto también implica una situación de mayor competencia por el recurso forrajero (Finger et al. 2013). También la audición y el olfato tienen un rol importante en las interacciones sociales de ovejas. Mientras que la audición es particularmente importante en el vínculo entre el cordero y su madre, el olfato juega un rol preponderante en la actividad sexual y en la identificación de grupos (Lynch et al. 1992; Ortega Cerrilla y Gómez Danés 2006).

**Cuadro 1.1.** Escalas temporales y espaciales necesarias para describir y evaluar el comportamiento de forrajeo de grandes herbívoros. Los niveles espaciales reflejan unidades espaciales que grandes herbívoros pueden seleccionar (adaptado de Bailey y Provenza 2008).

Nivel espacial	Resolución espacial de la unidad seleccionada	Intervalo temporal entre decisiones	Comportamiento o características definitorias	Variable respuesta	Entidad vegetal
Bocado	0,0001 - 0,01 m <sup>2</sup>	1 - 2 s	Movimiento de mandíbula, lengua o pescuezo	Tamaño de bocado	Parte de planta
Estación de pastoreo	0,01 - 1 m <sup>2</sup>	2 s - 2 min	Ubicación de patas delanteras	Tasa de bocado	Planta (pasto, arbusto, mata)
Manchón de pastoreo	1 m <sup>2</sup> - 1 ha	1 - 30 min	Reorientación hacia una nueva ubicación. Interrupción de la secuencia de pastoreo	Duración del pastoreo	Grupo de plantas
Sitio de pastoreo	1 - 10 ha	1 - 4 h	Sesión de pastoreo	Movimientos de forrajeo	Asociación de especies de plantas
Área de uso diario	10 - 100 ha	12 - 24 h	Áreas centrales donde los animales descansan y beben entre sesiones de pastoreo	Asignación del tiempo diario	Unidad de paisaje
Área de uso estacional	100 - 1000 ha	3 - 12 meses	Migración	Asignación del tiempo metabólico	Tipo de paisaje
Área de uso durante el período de vida	> 1000 ha	Varios años	Dispersión o migración	Calendario de historia de vida	Región geográfica

#### **1.4 Enfoque analítico para el estudio de patrones de distribución animal**

La distribución de los animales refleja sus patrones de movimiento, por lo que puede ser estudiada para conocer los mecanismos de comportamiento asociados a esa distribución (Bailey y Provenza 2008). A su vez, la distribución de los animales está relacionada con los elementos del ambiente y los recursos disponibles. Actualmente se cuenta con numerosos modelos conceptuales que explican cómo los factores bióticos y abióticos influencian la selección de hábitats por el ganado (Senft et al. 1987; Bailey et al. 1996; Launchbaugh y Howery 2005; Bailey y Provenza 2008). Por otra parte, también se cuenta con varios modelos de regresión múltiple usados para predecir los patrones de pastoreo (Bailey y Provenza 2008) cada uno de los cuales depende del tipo de medición obtenida en terreno. Por su parte, Resource Selection Function (RSF) es una técnica que permite modelar los factores que afectan la distribución de los animales en pastoreo; usada inicialmente por científicos que trabajaron con vida silvestre y luego también por aquellos que estudiaron el ganado doméstico (Walburger et al. 2009; Allred et al. 2011; Peinetti et al. 2011). Estos factores comprenden los recursos que seleccionan los animales y los diferentes elementos del ambiente que determinan los sitios de pastoreo del animal. Cuando son analizados bajo RSF se determinan variables predictoras que permiten predecir la selección de sitios de los animales bajo condiciones específicas. Boyce et al. (2002) definieron la técnica RSF como un modelo que produce valores proporcionales a la probabilidad de uso de un recurso con rigor estadístico ya que los modelos se desarrollan con datos objetivos en lugar de la opinión experta (modelos heurísticos). El objetivo básico de los estudios de selección de recursos es comparar su uso por los animales en relación a la disponibilidad de alimento en el paisaje.

En general, pocas variables son necesarias para explicar gran proporción de la varianza, por lo que el modelado RSF comúnmente se combina con métodos de selección para encontrar los modelos con mayor capacidad predictora.

El uso de información de collares GPS con ganado doméstico es comúnmente utilizado para aplicar modelos RSF (Dettki et al. 2003; Allred et al. 2011; Peinetti et al. 2011). En este sentido, la precisión de la información GPS determina la precisión del RSF desarrollado (Swain et al. 2011).

#### **1.5 Diferencias en los patrones de distribución animal en función del tipo de manejo del pastoreo**

El efecto de diferentes tipos de manejo sobre aspectos de la producción animal y la conservación del pastizal ha sido largamente estudiado (Adler et al. 2001; Holechek et al. 2010; Cangiano y Brizuela 2011). Sin embargo, poco se han abarcado las diferencias de comportamiento animal frente a los diversos tipos de manejo. Por ejemplo, la aplicación de manejos rotativos implica generalmente la concentración del ganado en cuadros de menor superficie, promoviendo la competencia intra-específica del ganado (ovino-ovino) por el forraje disponible. Según algunos autores (Briske y Heitschmidt 1991; Pinheiro 2006) esto reduce la selectividad a nivel de planta y estación de pastoreo generando diversas consecuencias en el animal y el pastizal (aumento de la eficiencia de cosecha, incremento de la tasa de ciclado de nutrientes, aumento de la producción animal por unidad de superficie, etc.). Sin embargo, este tipo de manejo con alta intensidad de

pastoreo puede tener efectos negativos en la producción primaria del pastizal y la producción individual de los animales (Briske y Heitschmidt 1991). Asimismo, con la concentración de animales se diferencian individuos dominantes de subordinados, quienes reducen su tasa de bocado y detienen el pastoreo con posibles consecuencias negativas en su performance productiva (Mosley 1999). No obstante, existe poca información acerca de la modificación de hábitos de desplazamiento y selección de sitios a escala de comunidad vegetal y paisaje. Analizar el desplazamiento y distribución de los animales frente a diferentes condiciones de manejo puede aportar información sobre el gasto energético del animal y la repercusión sobre los índices productivos.

En algunos establecimientos de la región patagónica se aplica actualmente el denominado Manejo Holístico (OVIS XXI 2010a). Este manejo incorpora una serie de medidas para una planificación integral del establecimiento. No obstante, en los aspectos que conciernen al pastoreo, el Manejo Holístico propone realizar una planificación estratégica que maximice el tiempo de descanso de los pastizales y minimice en lo posible los tiempos de permanencia en los cuadros. Como resultado de este esquema se presenta una mayor concentración de animales en un determinado tiempo en comparación con el pastoreo continuo (sin cambio de potrero). Estas condiciones de manejo con concentración de animales podrían implicar menores distancias diarias caminadas por los ovinos al disminuir su selectividad y dedicar menos tiempo a la búsqueda de calidad forrajera. Por otra parte, este manejo también implica un cambio más frecuente de cuadros imponiendo al animal distancias de traslado a las que no está sujeto bajo pastoreo libre o continuo. Este uso estratégico de los cuadros, requiere en la medida de las posibilidades incrementar el número de cuadros mediante la subdivisión de los ya existentes en el predio. Esto implica necesariamente la disminución de la superficie de las unidades productivas respecto de manejos previos, lo que podría tener consecuencias positivas en la homogeneidad del pastoreo y el impacto sobre los pastizales. En este sentido, Weber y Jeltsch (1998) desarrollaron modelos de simulación que muestran como la heterogeneidad del pastoreo aumenta con el tamaño del cuadro, y que con ello incrementa la tasa de degradación del pastizal.

Por todo esto, se considera importante conocer las implicancias de la forma de manejo del pastoreo en los hábitos diarios de los ovinos, con el objetivo de conducir el pastoreo en forma más eficiente. También es relevante el conocimiento de la actividad que realizan los animales (pastoreo, descanso y traslado) al momento de posicionarse en los sitios elegidos. En este sentido, una técnica para inferir las actividades citadas es la deducción de las mismas mediante la velocidad de desplazamiento de los animales. Esto requiere que las mediciones sean tomadas a intervalos de posicionamiento máximos de 5 minutos (Ungar et al. 2005; Johnson y Ganskopp 2008). Johnson y Ganskopp (2008) determinaron que intervalos mayores a 5 minutos disminuyen la estimación de la proporción del cuadro visitado por el ganado. Asimismo, encontraron que, a intervalos mayores a 5 minutos, disminuyó ( $p < 0.001$ ) cerca de 10 % la estimación de la distancia diaria caminada por el ganado. Recomiendan entonces, que, si el recorrido caminado o la acertada evaluación de los recursos evaluados son de preocupación crítica, entonces los intervalos más largos de la integración del GPS deben evitarse porque conducen a interpretaciones espaciales equivocadas. Similarmente, si las medidas exactas de los

recorridos son críticas, sugieren un intervalo relativamente frecuente de la grabación del GPS.

Como se señaló anteriormente, para el presente estudio fue relevante realizar una inferencia de actividad mediante umbrales de velocidad de desplazamiento. Estos umbrales fueron establecidos en base a varios estudios con ovinos en Patagonia (Ares y Bertiller 2010; Ares et al. 2007; Ormaechea y Peri 2015) y el análisis de datos propios. No obstante, cabe destacar que, aunque este tipo de inferencias ya han sido utilizadas para la estimación de actividades diarias de ovinos en pastoreo (Falú et al. 2014), los resultados deben tomarse como patrones generales de actividad y no como estimaciones de alta precisión. En este sentido, Swain et al. (2011) señalan la necesidad de sumar sensores adicionales a los GPS (acelerómetros y magnetómetro) para lograr una adecuada estimación de los patrones de comportamiento.

## **1.6 Usos y experiencias de manejo para mejorar la distribución de animales en pastoreo**

La mejora de la distribución de animales en pastoreo redunda en beneficios para la producción global de un establecimiento y en la conservación del pastizal natural evitando el sobrepastoreo. En este sentido, MacLeod y McIvor (2011) observaron que la mayor producción por unidad de superficie se enmarca en una mejora de la eficiencia de cosecha del forraje disponible por parte de los animales siendo un elemento clave en el aumento de la rentabilidad de los establecimientos ganaderos.

Con el objetivo de mejorar la distribución de los animales en pastoreo extensivo existen actualmente diferentes tecnologías disponibles. Algunas de estas son el manejo de la distribución de aguadas, la distribución de sales, bloques proteicos y suplementos minerales, la selección genética, los alambrados eléctricos y los “alambrados virtuales” (Cibils y Brizuela 2009). Estos últimos buscan “la evitación” de ciertas áreas mediante el uso de caravanas que aplican una estimulación eléctrica controlada precedida por un estímulo auditivo toda vez que el animal ingresa en la zona que se busca excluir.

En Patagonia Sur, la cría de ovinos se realiza normalmente en cuadros de 2000 a 5000 ha, delimitados por alambrados fijos y con escasa cantidad de fuentes de agua (Barbería 1995). En algunos casos los productores instalan nuevas aguadas en lugares distanciados y usan alambrados eléctricos para separar los mallines. Estas técnicas producirían algunas mejoras de distribución de los animales, aunque esto no ha sido estudiado con rigor científico, ni se conoce el nivel de aplicación de las mismas. Por ende, es posible suponer que la utilización de tecnologías con el objetivo de mejorar la distribución de animales en pastoreo no está muy difundida o aplicada en la región. En este sentido, el uso de elementos atractivos como bloques proteicos, sales o suplementos minerales tiene un importante potencial en los sistemas extensivos patagónicos. Bajo esta tecnología, el elemento atractivo se localiza estratégicamente en diferentes puntos de un cuadro a fin de lograr que los animales pastoren en esos sitios, ayudado en algunos casos por arreos previos de la hacienda hasta el área objetivo para que reconozcan el atractivo (Bailey y Welling 1999). En base a múltiples experiencias, en algunos casos se ha logrado modificar beneficiosamente la distribución de los animales (Bailey y Welling 1999; Bailey et al. 2001; Bailey et al. 2008a,b; George et al. 2008), mientras que en otros casos

el logro fue parcial (Ganskopp 2001; Goulart et al. 2008) o la efectividad dependió del tipo de elemento atractivo (Bailey y Welling 2007). Según Holechek et al. (2010) el elemento atractivo más importante sería el agua pero su posibilidad de reubicación en potreros extensivos es limitada. El resto de los elementos más utilizados son sal, bloques de melaza deshidratados, bloques proteicos de baja humedad y bloques de mezclas minerales. Teniendo en cuenta estas experiencias, el uso de atractivos podría ser una alternativa para mejorar la distribución del pastoreo ovino en cuadros extensivos en Patagonia.

### **1.7 Estructura de la tesis y objetivos**

La presente tesis propone aportar conocimientos científicos sobre los mecanismos y factores subyacentes de la distribución espacial de ovinos en sistemas extensivos típicos de Patagonia Sur. Se espera que estos conocimientos pueden contribuir al desarrollo de tecnologías como el manejo del agua, el uso de elementos atractivos o la diagramación de los potreros. Es posible que estas prácticas tiendan a aumentar la homogeneidad del pastoreo y así disminuir la degradación de los pastizales, sin ir en detrimento de la producción. Por ello, se ha planteado el siguiente Objetivo General para la presente tesis.

#### **OBJETIVO GENERAL: Analizar la distribución espacial de ovinos en función de factores ambientales y de manejo en sistemas extensivos de Santa Cruz.**

Los sistemas ganaderos extensivos son la actividad rural predominante en el territorio de la provincia de Santa Cruz (Cibils y Borrelli 2005). Sin embargo, y a pesar de tener una historia de más de 100 años, aún poseen una escasa aplicación y desarrollo de tecnologías que permitan un manejo sustentable del pastizal (Quargnolo et al. 2007; Ormaechea et al. 2009). El planteo y promoción de nuevas tecnologías requiere, entre otras cosas, un diagnóstico de la percepción del sector ganadero sobre la problemática del pastoreo heterogéneo y el manejo que realizan sobre los cuadros extensivos. Por ello, se ha planteado el siguiente Objetivo específico que contempla la realización de un relevamiento a productores ganaderos que manejan el pastoreo en forma extensiva.

#### **OBJETIVO ESPECÍFICO N°1: Evaluar la percepción del productor ganadero extensivo de la provincia de Santa Cruz sobre la problemática del pastoreo heterogéneo.**

La distribución espacial del ganado en sistemas extensivos responde a una compleja interacción de elementos ambientales que condicionan la selección de sitios por parte de los animales. A pesar de la existencia de numerosos modelos conceptuales que explican cómo los factores bióticos y abióticos influencian la selección de hábitats por el ganado (Senft et al. 1987; Bailey et al. 1996; Launchbaugh y Howery 2005; Bailey y Provenza 2008), es necesario evaluar las jerarquías e interacciones de los diferentes elementos del ambiente en las condiciones particulares de cada región y sistema productivo. Por ello, se ha planteado el siguiente Objetivo específico buscando aumentar el conocimiento del comportamiento de los ovinos bajo estos sistemas de producción.

**OBJETIVO ESPECÍFICO N°2: Evaluar la distribución de ovinos en sistemas extensivos del sur de Santa Cruz, buscando identificar jerárquicamente los diferentes elementos del ambiente, y sus potenciales interacciones, que determinan los sitios de apacentamiento.**

La continua baja en la receptividad de los campos patagónicos ha llevado a la búsqueda de alternativas de manejo que promuevan la regeneración del pastizal y el aumento o al menos la estabilización de la producción. En este contexto, el Manejo Holístico, entre otras cosas, propone una planificación del pastoreo que implica descansos prolongados del pastizal, cargas instantáneas más altas, cuadros de menor tamaño y mayor número de movimientos anuales de la majada. Estos elementos pueden condicionar los patrones de movimiento de los ovinos provocando, entre otras cosas, diferencias en el gasto energético por distancia recorrida (Walker y Heitschmidt 1989). Por ello, se ha planteado el siguiente Objetivo específico buscando detectar diferencias comportamentales que contribuyan a explicar las diferencias encontradas comúnmente en los efectos de ambos manejos sobre el pastizal natural.

**OBJETIVO ESPECÍFICO N°3: Evaluar patrones de distribución animal en función de dos tipos de manejo del pastoreo (Continuo y Rotativo Planificado) en un sistema ganadero extensivo de Santa Cruz.**

La distribución de los animales es uno de los principales elementos del manejo que se debe atender para un uso eficiente del pastizal natural (Vallentine 2001). Particularmente en los pastizales áridos y semiáridos de Patagonia, el pastoreo heterogéneo puede incrementar la intensidad y frecuencia de defoliación de pastos palatables de áreas preferidas, llevando a la pérdida de vigor y, finalmente, la muerte de plantas individuales (Golluscio et al. 1998). La implementación de tecnologías de manejo, como el uso de suplementos atractivos en sitios subutilizados del paisaje, podría promover un uso más homogéneo de los pastizales naturales (Bailey 2004; Stephenson et al. 2016). Por ello, se ha planteado el siguiente Objetivo específico buscando evaluar la efectividad de esta tecnología de manejo para lograr un mejor uso de los pastizales naturales.

**OBJETIVO ESPECÍFICO N°4: Evaluar patrones de distribución animal en función de situar estratégicamente alimentos atractivos en un sistema ganadero extensivo de Santa Cruz.**

En base a estos objetivos, la presente tesis se estructura en 6 capítulos. El primer capítulo es introductorio y detalla el planteo del problema y los antecedentes generales y específicos de los temas a tratar. En el capítulo II se abarca el objetivo específico n°1, con un relevamiento de 82 productores ganaderos extensivos a escala provincial. En el capítulo III se abarca el objetivo específico n°2, donde se estudian los patrones generales de comportamiento de ovinos en 8 cuadros de pastoreo del sur de Santa Cruz. En el

capítulo IV se abarca el objetivo específico n°3, el cual realiza una comparación de manejos del pastoreo a escala de nivel predial. En el capítulo V se abarca el objetivo específico n°4, que pone a prueba la modificación intencionada de los patrones de pastoreo también a escala de nivel predial. El último capítulo brinda una discusión general con implicancias de manejo y lineamientos futuros.

La tesis propuesta cuenta con dos elementos particulares que le brindan originalidad y además aplicabilidad a los resultados de la investigación. El primero es intentar vincular la perspectiva del productor sobre el manejo de la distribución de los animales con los conocimientos sobre el comportamiento natural de los animales y las potenciales técnicas para lograr un uso más homogéneo del recurso pastoril. El segundo elemento tiene que ver con la escala espacial de trabajo. Son conocidas las dificultades derivadas de la investigación a escala real de producción, y más aún en el caso de sistemas extensivos con un régimen climático extremo. Peri (2012) advierte sobre la necesidad de estudios que abarquen escalas reales de producción tanto a nivel espacial como temporal. Plantear un experimento a escala real del sistema tiene la virtud de detectar las particularidades de la escala, las cuales no serían destacadas a escalas menores (Laca 2011; Peri 2012). Por ello, en esta tesis se trabajó en cuadros ganaderos extensivos (550 - 5500 ha) representativos de los sistemas locales de producción ovina.

## **CAPÍTULO II**

**PERCEPCIÓN Y MANEJO DEL PASTOREO HETEROGÉNEO EN LOS  
SISTEMAS EXTENSIVOS DE SANTA CRUZ**

## 2.1 Introducción

Hacia fines del siglo XIX, las tierras de la provincia de Santa Cruz fueron divididas en lotes cuadrangulares de 10.000 ha, producto de un trazado geométrico sobre el territorio que no respondía a las características productivas de los suelos (Barbería 1995). Una segunda etapa del período de ocupación (1900 - 1914), contó con exploraciones previas que permitieron subdivisiones que propendieron a lotes más relacionados a la receptividad ovina de los campos. Esto resultó en la definición de lotes rectangulares de 15.000 a 20.000 ha que contaban con diferentes proporciones de valles y mesetas (Barbería 1995). Estas subdivisiones catastrales son las que predominan hasta nuestros días, con algunas excepciones de zonas donde se conformaron subdivisiones menores con lotes cuadrangulares de 2500 ha o los situados en bordes costeros de forma irregular.

Los lotes, devenidos en establecimientos, fueron subdivididos internamente bajo un patrón común entre los ganaderos. Las divisiones del terreno se realizaron según la época de uso, en campos de veranada (comúnmente en sitios de mayor altitud) e invernada (Martinic 1985). Luego, cada campo fue siendo apotrerado por razones de manejo pecuario, pero tal división se hizo a base de principios geométricos con abstracción de las características ecológicas, ya que primó la actividad de lucro económico teniendo en consideración solo a la hacienda y nunca al suelo (Martinic 1985). El criterio generalizado fue construir rectángulos que seguían las líneas de paralelos y meridianos, sin considerar el componente pastizal (Suárez 2009). Consecuencia de ello, se observa comúnmente la existencia de sitios contrastantes (vegas, estepa arbustiva y/o pastizal) dentro de una misma unidad de manejo (cuadro de pastoreo), lo cual promueve el uso heterogéneo del pastizal al combinar sitios de pastoreo con diferente grado de atracción para el ganado (Golluscio et al. 1999; Cibils y Coughenour 2001; Ormaechea y Peri 2015). En este sentido, un estudio realizado con ovinos en arbustales del monte patagónico demuestra que las variaciones de cobertura de especies preferidas, la presencia de defensas estructurales o químicas antiherbívoro en la vegetación y la obstaculización visual pueden determinar comportamientos de selección o aversión por determinados sitios del pastizal natural (Bertiller y Ares 2008). Por otra parte, la enorme superficie de los cuadros también juega un rol importante ya que a mayor tamaño la distribución de los herbívoros se torna más heterogénea, aumentando las diferencias entre las áreas más impactadas y las más evitadas (Oñatibia et al. 2018). Por ende, el tamaño y heterogeneidad de los cuadros hacen que sea difícil controlar la intensidad y la época de pastoreo de los sitios más productivos, generalmente escasos en superficie respecto a la superficie total del cuadro, los cuales tienden a degradarse (Golluscio et al. 1998; Anchorena et al. 2001).

Aunque el comportamiento selectivo de los animales es común en diferentes ecosistemas, en sitios áridos y semiáridos puede ser una de las mayores causas de degradación del pastizal (Schlesinger et al. 1990, Fuls 1992). En este sentido, Golluscio et al. (1998) señalan que el pastoreo heterogéneo es uno de los tres factores de manejo relacionados con el impacto del pastoreo sobre los pastizales de la estepa patagónica; y que esto incrementa la intensidad y frecuencia de defoliación de pastos palatables de áreas preferidas, llevando a la pérdida de vigor y, finalmente, la muerte de plantas individuales.

El pastoreo año redondo o continuo es el tipo de manejo mayoritario en Patagonia Sur (Soriano 1983; Golluscio et al. 1999). Cada cuadro tiene asignado un número de

animales y el manejo apunta a mantener ese número lo más estable posible. Esto se realiza con relativa independencia de la variabilidad de la oferta de forraje ocasionada principalmente por las precipitaciones. En este contexto, el ajuste de carga en base a la evaluación de disponibilidad del pastizal es reconocido como un elemento fundamental en la producción sustentable de pastizales áridos y semiáridos (Golluscio et al. 1998; Rimoldi 2004; Oliva et al. 2012; Distel 2013). Para el caso de los ambientes de estepa y matorrales ( $> 90\%$  de la superficie de Santa Cruz), el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) ha desarrollado un método de evaluación de pastizales que es recomendado ampliamente en el sector productivo (Borreli y Oliva 2001b). Sin embargo, su grado de adopción como práctica frecuente no supera el 17 % de los establecimientos ganaderos extensivos en gran parte de la provincia (Ormaechea et al. 2009; Sturzenbaum 2012). Todas estas condiciones, en conjunto con una carga animal excesiva de los cuadros de pastoreo (Consorcio DHV 1999; Aagesen 2000; Cibils y Coughenour 2001), han determinado una degradación moderada a severa de aproximadamente 75 % de los suelos de Santa Cruz (del Valle 1998).

Es conocido que los pastizales patagónicos son ecosistemas sumamente frágiles (entendiendo por fragilidad a la susceptibilidad que tienen estos ambientes de sufrir la pérdida de especies palatables o receptividad forrajera por causa de un manejo inadecuado (Deregibus 1988; Oliva et al. 2001; Coronato 2015; Fariña et al. 2018)) y que la compatibilidad entre ganadería y conservación es particularmente difícil de alcanzar (Cingolani et al. 2008). Sin embargo, diferentes tecnologías pueden aportar a un uso más uniforme de los cuadros extensivos permitiendo así su uso más eficiente y sustentable. La instalación de nuevas aguadas, el ajuste de la carga animal, el diseño de la forma y tamaño de los cuadros, la separación de ambientes, el pastoreo rotativo, el uso estratégico de bloques nutricionales, la combinación de categorías ovinas y los arreos o repuntes periódicos a sitios subutilizados son algunas de las estrategias con respaldo experimental en diferentes regiones del mundo (Williams 1954; Hart et al. 1993; Sevi et al. 2001; Tanaka et al. 2007; Holechek et al. 2010; Bohnert y Stephenson 2016; di Virgilio y Morales 2016). Bajo este panorama, la percepción del productor sobre el impacto de los animales en el pastizal natural es uno de los elementos fundamentales a considerar para avanzar en recomendaciones técnicas al sector. Por ello, el objetivo de este trabajo fue realizar un diagnóstico de los criterios que actualmente aplica el sector ganadero en el diseño y manejo de cuadros extensivos en Patagonia Sur, con especial énfasis en la percepción que tiene el productor del pastoreo heterogéneo por parte de los animales (Objetivo específico n°1).

## 2.2 Materiales y métodos

El relevamiento de la información se realizó mediante una encuesta a productores o encargados<sup>2</sup> de estancias de la provincia de Santa Cruz. La población a muestrear incluyó la totalidad de los establecimientos con ganadería extensiva en el territorio provincial, excluyendo aquellos con superficies menores a 500 ha, reservas naturales, terrenos fiscales y establecimientos con menos de 100 ovinos o 10 vacunos. Para determinar el número total de establecimientos se utilizó información ganadera provista por SENASA (período 2016) y datos de superficie obtenidos del catastro provincial (González y Rial 2006). Se relevó un total de 82 establecimientos, lo cual representa un 12,2 % de la población muestreada (670 explotaciones ganaderas). La identificación de los establecimientos relevados y su localización geográfica se realizó con información GIS del catastro provincial de Santa Cruz. El muestreo fue de tipo no aleatorio, ya que la elección de los establecimientos estuvo supeditada a la facilidad de contacto con los entrevistados. Sin embargo, con el objetivo de buscar la representatividad de toda la extensión provincial, se recurrió a la colaboración de agencias de extensión rural de INTA y técnicos del medio rural de todo el territorio. Con el mismo objetivo, la encuesta también se realizó en el marco de diferentes eventos rurales provinciales, a fin de contactar aquellos productores no vinculados directamente al INTA. Las encuestas fueron realizadas personalmente y siempre por el mismo encuestador a fin de evitar diferentes apreciaciones en las particularidades de cada pregunta (Alaminos y Castejón 2006).

La encuesta contó con 5 preguntas de múltiple opción de carácter cerrado y 12 preguntas de múltiple opción de carácter semi-aberto por el agregado de la opción “otra” e invitando a especificar el detalle de la respuesta (Apéndice - Encuesta Ap.2.1). Además, se incluyeron 4 espacios para comentarios o aclaración de respuestas a lo largo de la encuesta, a fin de detectar aspectos no considerados inicialmente en la consulta. La formulación de las preguntas priorizó el objetivo de facilitar la comprensión por parte del productor, escogiendo preguntas cortas, sencillas, sin ambigüedades ni palabras cargadas emocionalmente (Alaminos y Castejón 2006). No se pudieron evitar preguntas que recurran a la memoria y a cálculos matemáticos. Sin embargo, en estos casos se consultó de manera general y sobre datos promedio de alta familiaridad para un encargado de estancia (Anguita et al. 2003). Se tuvo especial atención en proveer al encuestado la identificación del organismo que llevó a cabo la investigación, en explicar la importancia del estudio y en establecer explícitamente un compromiso de devolución de la información generada. Cabe aclarar, que, como medida precautoria, previamente se realizó una prueba piloto sobre 5 productores a fin de evaluar si las preguntas eran correctamente comprendidas y no producían fatiga ni rechazo en el entrevistado (Anguita et al. 2003).

<sup>2</sup> La elección del encuestado priorizó en todos los casos entrevistar a la persona que habita normalmente en el campo y que posee el mayor conocimiento de su manejo y características (infraestructura, estado de los recursos pastoriles y animales). Se consideró así, en razón de la existencia de varios casos donde el encargado mostró mayor conocimiento de estos elementos que el propio dueño del campo. A lo largo de este trabajo, el término *productor* refiere a las personas encuestadas independientemente de si se trata de dueños o encargados.

En la pregunta 1, se consultó sobre el tipo de manejo del pastoreo, ofreciendo 5 alternativas con sus respectivas interpretaciones: Año redondo (los animales permanecen todo el año en el mismo cuadro), Estacional Continuo (los cuadros se usan en períodos menores a un año y siempre en la misma época. e.g., Veranada-Invernada, Veranada-Invernada-Parición), Estacional Rotativo (los cuadros se usan en períodos menores a un año y la época de uso cambia entre años), Rotativo (los cuadros se usan más de una vez al año como resultado de una planificación del pastoreo. Si el uso de un cuadro fuera más de una vez al año por escasez de forraje no se considera Rotativo), Otros tipos de manejo. Para la formulación de la pregunta 6 (Distancia predominante entre fuentes de agua permanente), fue necesario establecer rangos de distancia que caractericen de manera sencilla el manejo por parte del productor. De acuerdo a Holechek et al. (2010), los ovinos se distancian del agua entre 1,6 a 6,9 km de acuerdo a la raza y categoría. Por su parte, Squires et al. (1972) destaca que, a partir de 4 km, los ovinos toman agua solo una vez al día, lo cual condiciona su performance productiva. Teniendo en cuenta esta información, se establecieron 3 rangos (menos de 1,5 km; entre 1,5 y 4 km; más de 4 km) que representaron un compromiso entre lo encontrado por estos autores y la búsqueda de claridad en la formulación de las preguntas. No obstante, estos rangos no permiten predecir un uso más o menos uniforme del pastizal, ya que las distancias óptimas entre fuentes de agua son una particularidad de cada ambiente y hay que analizarlos según las características de cada sitio de interés (Bailey et al. 1996).

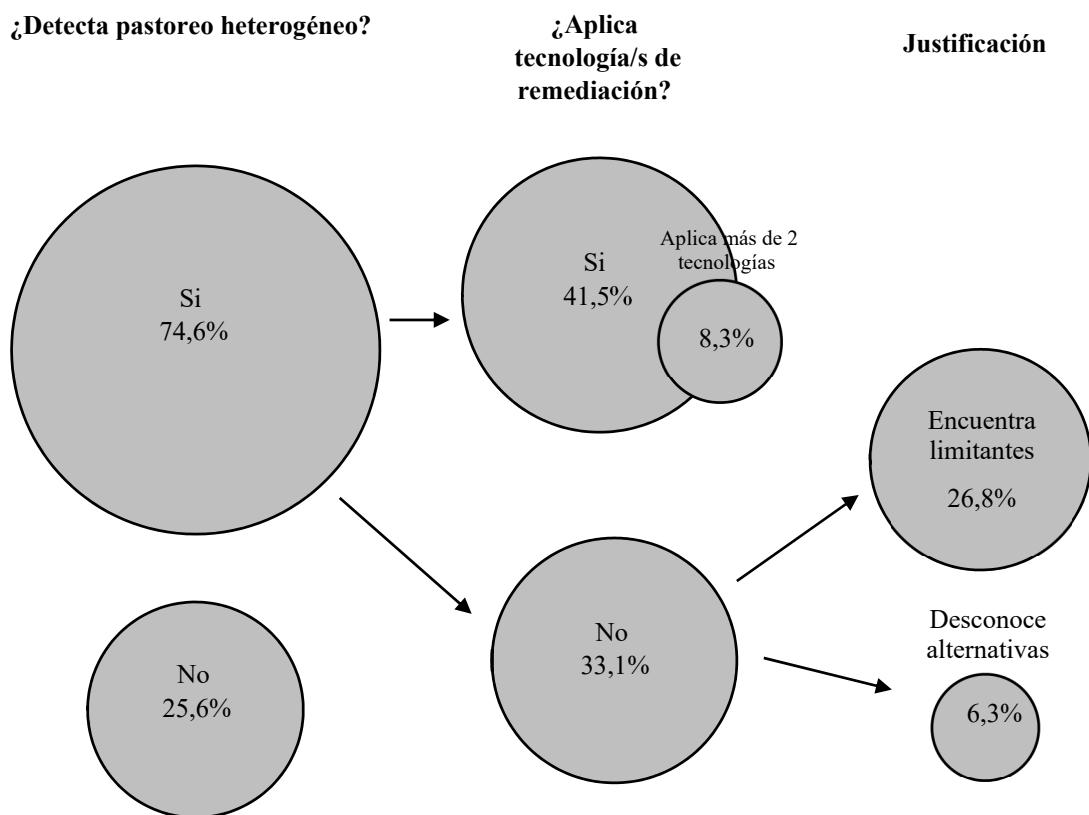
En base a toda la información obtenida se realizó un análisis estadístico descriptivo, calculando el porcentaje de establecimientos que respondían a una característica específica sobre el total de establecimientos. Asimismo, se realizó una clasificación de productores según su percepción y acción referente al problema del pastoreo heterogéneo. Para dicha clasificación, se utilizó primero la pregunta 9 para diferenciar entre productores que detectan o no el pastoreo desparejo (i.e. heterogéneo) por parte de los animales. Luego se tomó la pregunta 10 para definir qué productores accionan frente a la problemática con la aplicación o no de estrategias para lograr un uso parejo por parte de los animales. Finalmente, a partir de la pregunta 11 se determinó entre los productores que no aplican estrategias cuáles lo hacen por desconocer alternativas de remediación y cuáles lo hacen por limitaciones operativas y/o económicas. Por otro lado, se revisaron todas las aclaraciones y apreciaciones expuestas en los espacios brindados para comentarios, buscando identificar mensajes comunes y relevantes para el análisis de la problemática.

### **2.3 Resultados**

La provincia de Santa Cruz cuenta con 670 establecimientos con ganadería extensiva, cuya superficie media es de 21.145 ha. El 55,2 % posee ganadería ovina exclusivamente, mientras que el 29,2 % tiene producción mixta ovino-bovino y el 15,6 % restante se dedica a la producción bovina.

En su gran mayoría (74,6 %), los productores reconocieron la problemática del pastoreo heterogéneo (Figura 2.1). A su vez, un 41,5 % del total de productores aplican estrategias para atender esta problemática. Sin embargo, solo un pequeño porcentaje de productores (8,3 %) aplica más de 2 tecnologías de remediación. Por ende, el 91,7 % de

los productores encuestados no aplica un manejo integral o más de dos tecnologías para abordar la problemática del pastoreo heterogéneo. El 33,1 % de los consultados plantearon desconocer alternativas tecnológicas o encontrar diferentes tipos de limitantes.



**Figura 2.1.** Clasificación de productores según su percepción y acción sobre el problema del pastoreo heterogéneo. Los porcentajes expuestos fueron calculados sobre el total de encuestados en todos los casos. El tamaño de los círculos es proporcional al porcentaje expuesto.

Se destacó un alto porcentaje de manejo del pastoreo tipo continuo (78 %) representado por el manejo Año redondo y el Estacional Continuo (Cuadro 2.1). El número promedio de cuadros por establecimiento apenas supera las 10 unidades, y solo el 9,1 % de los establecimientos posee más de 20 cuadros. Las superficies de los cuadros se distribuyeron equitativamente en las diferentes categorías de superficie establecidas, destacándose la existencia de numerosos cuadros de más de 2500 ha (Cuadro 2.1).

El distanciamiento entre aguadas es predominantemente entre 1,5 a 4 km, dispuestas en diferentes sitios de los cuadros. La superficie de pastoreo por aguada predominante (63 %) es entre 200 y 1600 ha. Entre los criterios que se tuvieron originalmente para el diseño de los cuadros, predominó la localización de aguadas naturales o la posibilidad de realizar pozos (Cuadro 2.1). Sin embargo, gran parte de los productores (53,6 %) desconoce o no recuerda los criterios que se usaron. Entre los criterios actuales para el diseño de los cuadros, también predominó la localización de fuentes de agua naturales o la posibilidad de realizar pozos (53,8 %). Sin embargo, surgieron nuevos criterios con altos porcentajes de incidencia tales como “lograr un

pastoreo parejo del cuadro” (25 %) y la intención de realizar mayores subdivisiones a fin de mejorar el manejo del pastoreo (52,5 %).

Al relevar la percepción de los productores y encargados sobre el pastoreo heterogéneo, predominó la consideración de un pastoreo no uniforme de los cuadros con sectores sobrepastoreados y subutilizados (Cuadro 2.2). Los encuestados señalan diferentes factores causantes de esta situación, pero predominan algunos tales como la falta de fuentes de agua y la predisposición de los animales al uso de sitios preferidos.

Casi el 60% de los encuestados considera que el pastoreo heterogéneo no es un problema importante ni una temática que requiera atención inmediata. Al ser consultados por la aplicación de estrategias para evitar el pastoreo heterogéneo, predomina la instalación de nuevas aguadas. Sin embargo, un 45,7 % del total de productores consultados reconoce que no aplica ninguna estrategia. La limitante principal para la aplicación de medidas que eviten el pastoreo heterogéneo es el costo de aplicación de estas estrategias, pero una variedad de otras limitantes también fue citada por productores y encargados, como ser la falta de recurso humano capacitado, el desconocimiento de alternativas y los aspectos operativos (Cuadro 2.2).

La encuesta también contó con preguntas sobre el manejo del pastoreo con relación al uso uniforme de los cuadros (Cuadro 2.3). En cuanto al manejo diferencial de mallines, la respuesta más común fue la reserva para el verano a fin de tener un recurso alimenticio para el engorde de animales. Sin embargo, muchos productores (31,2 %) no realizan un manejo diferencial de este ambiente. El uso de bloques nutricionales como atractivo para el pastoreo de sectores subutilizados fue escaso (4,9 %). En cuanto a la aplicación de la evaluación de pastizales, solo el 23,2 % manifestó realizarla frecuentemente y un 53,6 % no lo aplica o solo lo hizo una vez como requisito para la solicitud de financiamiento por la Ley Ovina Nacional. En cuanto al uso combinado de especies animales o categorías ovinas, la mayoría de los consultados combina vacunos con ovinos u ovejas madre con borregas. Sin embargo, esta acción pocas veces implica la intención de lograr un pastoreo parejo del cuadro.

Los espacios brindados para aclaración de respuestas o comentarios abarcaron una gran variedad de temas. Los temas más recurrentes fueron los relacionados a la problemática de la sequía y la fuerte presencia de guanacos en los cuadros de pastoreo. Otros problemas citados fueron los altos costos operativos, los predadores y el abigeato. También hubo expresiones recurrentes relacionadas a la intención de llevar adelante nuevas medidas de manejo como la instalación de nuevos alambrados, realizar perforaciones para obtener nuevas fuentes de agua o implementar esquemas de suplementación. A esto se suman otras nombradas en menor medida como implementar la evaluación de pastizales, manejar cargas animales o implementar riego, contribuyendo, en conjunto con las anteriores, a un mejor manejo de los pastizales.

**Cuadro 2.1.** Manejo del pastoreo, características y criterios de diseño de los cuadros en establecimientos ganaderos extensivos de Santa Cruz, Argentina.

Tipo de manejo del pastoreo	Año redondo	45,1 %
	Estacional Continuo	32,9 %
	Estacional Rotativo	12,2 %
	Rotativo	3,7 %
	Otros	6,1 %
Porcentaje de establecimientos que tienen al menos un cuadro dentro de las siguientes categorías* <sup>1</sup>	Menos de 1000 ha	40,8 %
	1000 a 2499 ha	55,3 %
	2500 a 5000 ha	68,4 %
	Más de 5000 ha	52,6 %
Número promedio de cuadros por establecimiento ± desvío estándar		10,5 ±8,6
Categoría de número de cuadros por establecimiento	Menos de 10	67,5 %
	10 a 20	23,4 %
	Más de 20	9,1 %
Disposición predominante de las fuentes de agua en los cuadros	Esquineros	3,7 %
	Laterales	11,1 %
	Otro lugar	85,2 %
Distancia predominante entre aguadas	Menor a 1,5 km	27,5 %
	Entre 1,5 y 4 km	57,5 %
	Más de 4 km	10%
	Desconoce o no recuerda	5 %
Superficie de pastoreo por aguada	Menos de 200 ha	4,9 %
	Entre 200 y 1600 ha	63 %
	Más de 1600 ha	14,8 %
	Desconoce o no recuerda	17,3 %
Porcentaje de productores que señalaron los siguientes criterios como utilizados originalmente para el diseño de los cuadros* <sup>1</sup>	Localización de fuentes de agua naturales o posibilidad de realizar pozos	36,6 %
	Facilidades para el arreo y movimiento de animales.	12,2 %
	Separación de sitios de mayor preferencia por ovinos	8,5 %
	Separación ambientes o tipos de vegetación	7,3 %
	Desconoce o no recuerda	53,6 %
	Otros	13,2 %
Porcentaje de productores que actualmente poseen los siguientes criterios para el diseño de los cuadros* <sup>1</sup>	Localización de fuentes de agua naturales o posibilidad de realizar pozos	53,8 %
	Facilidades para el arreo y movimiento de animales	28,7 %
	Separación sitios de mayor preferencia por ovinos	22,5 %
	Separación ambientes o tipos de vegetación	35 %
	Predadores (amenaza de zorros, pumas y/o perros)	10%
	Logro de pastoreo parejo del cuadro	25 %
	Incremento de subdivisiones para mejorar el manejo	52,5 %
	Abigeato	22,5 %
Otros		10,4 %

\*<sup>1</sup>En estos casos, la suma de porcentajes no necesariamente es igual al 100%, ya que el entrevistado tuvo habilitada la selección de más de una opción.

**Cuadro 2.2.** Consideraciones sobre la percepción y el manejo del pastoreo heterogéneo en establecimientos ganaderos extensivos de Santa Cruz, Argentina.

	Homogéneo	23,2 %
Apreciación sobre el uso de los cuadros extensivos por parte de los animales	Heterogéneo con sectores sobrepastoreados	25,6 %
	Heterogéneo con sectores subutilizados	11 %
	Heterogéneo con ambas situaciones	36,6 %
	Otro	3,6 %
Porcentaje de productores que señalan los siguientes factores como causantes del pastoreo heterogéneo * <sup>1*2</sup>	Falta de fuentes de agua	48,4 %
	Sitios preferidos	51,6 %
	Influencia del viento	30,6 %
	Tamaño de los cuadros	30,6 %
	Predadores (amenaza de zorros, pumas y/o perros)	8,1 %
	Desconoce	1,6 %
	Otros	16 %
Percepción del grado de importancia del pastoreo heterogéneo * <sup>2</sup>	No es un problema	3,3 %
	Afecta solo algunos sitios aislados	42,6 %
	Afecta varios cuadros pero no requiere atención inmediata	13,2 %
	Afecta varios cuadros y requiere atención inmediata	31,1 %
	Es uno de los problemas más importantes del establecimiento	9,8 %
Porcentaje de productores que aplican las siguientes estrategias para evitar el pastoreo heterogéneo * <sup>1</sup>	Instala nuevas aguadas	33,3 %
	Separación de sitios o ambientes	8,6 %
	Subdivisión de cuadros	13,6 %
	Movimientos (Repuntes) periódicos de hacienda dentro de los cuadros	17,3 %
	Combina especies o categorías animales	7,4 %
	Bloques nutricionales	2,5 %
	Otras	6,2 %
	No aplica ninguna	45,7 %
Porcentaje de productores que presenta las siguientes limitaciones para el uso de estrategias * <sup>1</sup>	Costos	57,7 %
	Dificultades operativas * <sup>3</sup>	11,5 %
	Falta de tiempo	7,7 %
	Falta de recurso humano capacitado	19,2 %
	Otras prioridades	11,5 %
	Desconocimiento de alternativas	11,5 %
	Otros	3,9 %
	No observa limitaciones	17,9 %

\*<sup>1</sup>En estos casos, la suma de porcentajes no necesariamente es igual al 100%, ya que el entrevistado tuvo habilitada la selección de más de una opción.

\*<sup>2</sup>Solo incluye productores que detectaron pastoreo heterogéneo.

\*<sup>3</sup>e.g., presencia de cañadones que dificultan la instalación de alambrados.

**Cuadro 2.3.** Aplicación de tecnologías de manejo del pastoreo en establecimientos ganaderos extensivos de Santa Cruz, Argentina.

Porcentaje de productores que realizan las siguientes medidas de manejo sobre mallines * <sup>1</sup>	Reserva para engorde estival	16,3 %
	Reserva estival para recuperación de ovejas preservicio	10%
	Reservan otoñal para flushing alimenticio preservicio	2,5 %
	Utilización predominante para vacunos	6,3 %
	Otros manejos	10%
	No realiza manejo diferencial	31,2 %
	No posee mallines o son escasos	40%
Utilización de bloques nutricionales	Sí, para nutrición del animal	34,1 %
	Sí, para que utilicen sectores subutilizados y para nutrición del animal	4,9 %
	No utiliza bloques nutricionales	61 %
Uso de la tecnología de evaluación o chequeo de pastizales	Sí, todos los años	23,2 %
	Sí, cada 2 años o más	23,2 %
	Sí, como requisito de Ley ovina	19,5 %
	No usa la tecnología	34,1 %
Porcentaje de productores que combinan especies animales o categorías ovinas en un mismo cuadro * <sup>1</sup>	Vacunos y ovinos	31,7 %
	Oveja madre y borrega	32,9 %
	Oveja madre y borrego	12,2 %
	Oveja madre y capón	7,3 %
	Oveja madre, capones y borregos	6,1 %
	Capones y borregos	28 %
	Otras combinaciones	14,4 %
	No realiza combinaciones	31,7 %

\*<sup>1</sup>En estos casos, la suma de porcentajes no necesariamente es igual al 100%, ya que el entrevistado tuvo habilitada la selección de más de una opción.

## 2.4 Discusión

La información obtenida en el presente estudio muestra que un alto porcentaje de productores (~75 %) detecta la problemática del pastoreo heterogéneo. No obstante, la percepción general fue la de un interés moderado o escaso en la temática del pastoreo heterogéneo, relativizado por otras problemáticas que el productor considera más importantes o urgentes. Esto queda demostrado por la escasa aplicación de tecnologías de remediación, que además no son aplicadas en forma integrada en la mayoría de los casos, impidiendo un tratamiento más efectivo de la problemática (Bailey 2004; Hunt et al. 2007; Barnes et al. 2008).

Los resultados del relevamiento demuestran, además, que el diseño de los cuadros no ha variado demasiado respecto de lo que existió originalmente, luego del proceso de subdivisión de las tierras. Los cuadros de más de 1000 ha siguen siendo predominantes, coincidentemente con otros relevamientos provinciales (Álvarez 2009; Andrade et al. 2010). En este sentido, Álvarez (2009) encontró, para el departamento de Magallanes,

que las divisiones internas de los campos son escasas (cuadros de no menos de 1500 - 2000 ha e incluso cuadros de 10.000 ha sin divisiones) y que no consideran la separación de los diferentes ambientes. Del mismo modo, en el caso del presente estudio, el criterio de separación de ambientes dentro de los cuadros apenas supera el 22 % de los casos y generalmente no se aplica a todos los cuadros del establecimiento. En este sentido, Suárez (2009) describe para Santa Cruz una ganadería de tipo totalmente extensiva, con escasez de instalaciones y manejo, desarrollada en grandes cuadros con visibles grados de deterioro en los sectores donde se suele concentrar la hacienda. Del mismo modo, Milicevic (2013) señala que “El sistema de producción tradicional se caracteriza por la cría extensiva sobre pastizales naturales con baja a nula modificación del paisaje o de los recursos naturales”. No obstante, según el presente estudio, los productores observados grupalmente muestran el uso de una variedad importante de tecnologías de manejo (Cuadros 2.2 y 2.3) y mencionan la intención de incorporar mejoras. Sin embargo, en ningún caso estos elementos se encuentran actualmente consolidados como prácticas comunes a la gran mayoría de los productores.

La escasa aplicación de tecnologías por parte de los productores encontrada en este estudio es un tema que ha sido abarcado extensamente por diferentes autores en Patagonia Sur (Andrade 2003; Quargnolo et al. 2007; Álvarez 2009; Suárez 2009; Sturzenbaum 2012). Estos trabajos señalan como causas el costo, las complicaciones que puede implicar, la escala de los establecimientos, la escasez de mano de obra especializada, el análisis de riesgo, las decisiones compartidas entre dueños o socios, o simplemente la preferencia por una temática en particular como la genética animal. En el caso del presente estudio, los costos fueron claramente la limitante más importante para la aplicación de tecnologías, lo cual estaría relacionado con la escasa rentabilidad actual de la producción ovina en Santa Cruz (Williams 2009).

En el caso del pastoreo heterogéneo, es muy posible que la falta de un conocimiento real de la problemática tenga un rol preponderante en la escasa aplicación de tecnologías. Así como la mayoría de los productores no conciben que la desertificación sea producto del manejo histórico de los campos (Andrade 2002, 2003), es muy posible que no detecten la real importancia de propender a un pastoreo más uniforme de los pastizales. En este sentido, Andrade (2003) describió la percepción de los productores sobre la crisis del ecosistema y señala “...algunos productores aceptan que el sobrepastoreo es uno de los factores que llevaron a la situación actual, pero al explicar los problemas de su campo remiten constantemente a los bajos precios de la lana, cuestiones climáticas y depredadores”. Por otro lado, esto podría sugerir que la problemática del pastoreo heterogéneo se encuentre en una fase inicial de reconocimiento. Sin embargo, ya en el año 1955, Woolfolk señalaba para la Patagonia que la distribución del ganado en pastoreo representaba un serio problema y que se debía al enorme tamaño de los cuadros, la escasez de instalaciones de riego, la falta de uso de sal o suplementos en el área de apacentamiento y la tendencia de los ovinos a concentrarse en determinados sitios del paisaje. Asimismo, el desarrollo de tecnologías como la evaluación de pastizales a fines del siglo pasado (Borrelli et al. 1990), ya tomaban en consideración la importancia de identificar en el campo si el pastoreo por parte de los animales era homogéneo a lo largo de los cuadros. Por su parte, Golluscio et al. (1998) describen que muchos productores de diferentes

biozonas de la Patagonia han mejorado la distribución de animales a través de la división de cuadros y el desarrollo de aguadas, planteando el pastoreo en diferentes sitios de acuerdo a su fenología. El presente relevamiento reveló un importante interés por aumentar la subdivisión de los campos en Patagonia Sur (~53 %) que, aunque se viene aplicando lentamente por limitantes económicas, describe un cambio en particular de los criterios de los productores respecto del diseño original de los cuadros. Por ello, y a partir de lo relevado en el presente trabajo, postulo que, al menos para tecnologías que tienen que ver con un manejo más eficiente y sustentable del pastoreo, las causas podrían estar fuertemente asociadas a una cuestión de prioridades en el uso de recursos escasos, específicamente dinero y tiempo. Frente a márgenes económicos escasos los productores deben decidir permanentemente sobre el uso prioritario de sus exiguos excedentes. Pero además del aspecto económico, deben decidir sobre una mayor inversión de tiempo a un sistema productivo que posiblemente se complejizará como resultado de la aplicación de estas tecnologías.

Por su parte, Sturzenbaum (2012) estudió, mediante un relevamiento en el sureste de la provincia de Santa Cruz, la adopción de tecnologías por parte de los productores. Ella encontró que los productores comprenden ampliamente el concepto de tecnologías y conocen gran parte de las tecnologías difundidas por el INTA. Sin embargo, en el caso de la evaluación de pastizales, los productores no parecen comprender en profundidad los beneficios que se logran con un manejo sustentable de los pastizales naturales, lo cual explica en parte que aún no apliquen regularmente esta tecnología. Esto, sumado a que se observa que los productores practican una gran variedad de tecnologías que no se consolidan como prácticas de uso común, da cuenta de la necesidad de revisar el sistema de transferencia tecnológica, lo cual ya ha sido reconocido por varios autores (Quargnolo et al. 2007; Andrade 2009; Sturzenbaum 2012). A modo de ejemplo de esto, no existen en la actualidad informes o cartillas técnicas que compilen y detallen las prácticas plausibles de ser aplicadas en los campos de Patagonia Sur para remediar el pastoreo heterogéneo. No obstante, es posible que la sola difusión y/o transferencia no alcance y que resulte estratégicamente imprescindible la participación del Estado, mediante el diseño e implementación de políticas que provean instrumentos idóneos para incentivar, promover, apoyar y monitorear de manera eficaz la adopción de tecnología. Los ejes centrales de estas políticas deben ser la sustentabilidad social, económica y ambiental de los sistemas productivos, procurando, entre otras cosas, la renovación y la capacitación del recurso humano, el aumento de competitividad de la producción y el uso generalizado de herramientas de diagnóstico y decisión sobre los recursos naturales (Suárez 2009; Milicevic 2013).

Finalmente, cabe preguntarse cuáles son las “otras problemáticas” que el productor considera más importantes o urgentes que el pastoreo heterogéneo, y si realmente lo son. La encuesta no consultó específicamente cuáles eran. Sin embargo, el análisis de las problemáticas de los sistemas ganaderos extensivos de la región ha sido abarcado en varios estudios (Alvarez 2009; Ormaechea et al. 2009; Suárez 2009; Iglesias et al. 2015). Estas problemáticas son muy variadas y obedecen, en muchos casos, a cuestiones locales y/o coyunturales (e.g., falta de mano de obra idónea, ataque de predadores, baja productividad, instalaciones deterioradas, problemas sanitarios, alta densidad de

guanacos, falta de perforaciones para agua de bebida animal, altos costos fijos, endeudamiento, dificultades para organizarse o asociarse entre productores, abigeato), pero también a problemas estructurales donde no es posible la intervención del productor (e.g., bajo precio de lana y/o carne). En conclusión, existe un problema de percepción de la importancia de la problemática en muchos casos, aunque se encuentra entreverado con la negación del problema y/o con la imposibilidad de actuar debido principalmente a restricciones económicas.

## **CAPÍTULO III**

### **SELECCIÓN DE HABITAT POR OVINOS EN CAMPOS EXTENSIVOS DE PATAGONIA SUR**

### 3.1 Introducción

La selección de sitios de pastoreo por parte de grandes herbívoros, como ovinos y bovinos, no son decisiones tomadas al azar, sino en función de los diversos elementos del paisaje y en búsqueda de la máxima eficiencia de cosecha de nutrientes (Stephen y Krebs 1986). Así, la heterogeneidad espacial de los recursos afecta la ingesta de los animales y su comportamiento a través de respuestas no lineales a las condiciones locales (Laca 2008). En situaciones de manejo extensivo, los rumiantes a menudo controlan sus propias respuestas a través de la búsqueda y selección de sus dietas, donde el pastoreo selectivo es exhibido en su máxima expresión (Brizuela y Cibils 2011). En este sentido, ocupan más tiempo en tipos de vegetación que ofrecen mayor ganancia energética (Armstrong et al. 1997) y proteica (Senft et al. 1985), lo cual varía a lo largo del año según cambia la digestibilidad y disponibilidad del forraje (Owen Smith 2002). En consecuencia, la heterogeneidad temporal y espacial de la biomasa forrajera determina un uso heterogéneo de la superficie por parte de los animales (Gross et al. 1995; Owen Smith 2002). Por otra parte, los factores abióticos tales como la distancia al agua, la pendiente del terreno y la presencia o ausencia de sombra o viento también son determinantes en la selección de hábitats a escalas de sitios de pastoreo o mayores (Bailey et al. 1996). En consecuencia, la selección de sitios de pastoreo por parte de los animales responde a una compleja interacción de condicionantes que deben estudiarse a diferentes escalas espacio-temporales y de acuerdo a las particularidades de cada lugar (Bailey y Provenza 2008).

En Patagonia, Bertiller y Ares (2008) en un ensayo realizado en los arbustales del Monte patagónico, encontraron que la selectividad de las ovejas por las diferentes unidades de vegetación fue determinada fuertemente por aspectos relacionados a la obstaculización visual, las defensas antiherbívoros físicas y químicas de las plantas, y la oferta de especies preferidas. Por su parte, Ormaechea y Peri (2015) estudiaron la preferencia de ambientes por parte de ovinos en paisajes con bosque nativo, estepas graminosas y mallines, encontrando preferencia por los ambientes con mayor confort térmico o mayor disponibilidad de pastizal. En Patagonia Sur, es conocido que los animales prefieren los mallines o vegas para el pastoreo diario por sus características forrajeras (alta calidad y disponibilidad), que buscan sitios altos y secos para el descanso nocturno y que las laderas de exposición norte son preferidas por una mayor insolación diaria que las mantiene más secas y cálidas. No obstante, este comportamiento de ovinos en pastoreo debe ser estudiado con rigor científico para avanzar en el desarrollo de pautas de manejo que propendan a un uso más uniforme de los recursos forrajeros, evitando el sobrepastoreo o la subutilización de las comunidades vegetales en los potreros.

Actualmente se cuenta con numerosos modelos conceptuales que explican cómo los factores bióticos y abióticos influyen en la selección de hábitats por el ganado (Senft et al. 1987; Bailey et al. 1996; Launchbaugh y Howery 2005; Bailey y Provenza 2008). Sin embargo, presentan dificultades al intentar predecir el comportamiento selectivo de los animales bajo la combinación de condiciones y recursos particulares de cada lugar. Para abordar esta problemática en el sur patagónico, el presente trabajo desarrolla un modelo de la respuesta de ovinos bajo diferentes cuadros de pastoreo con múltiples ambientes y en contrastantes condiciones climáticas. Para la elaboración de este tipo de modelos, se aplica una función de probabilidad de selección de recursos (RSF - Resource

Selection Function), considerando los factores que determinan los sitios de pastoreo del ganado ovino (Manly et al. 2002). Boyce et al. (2002) define la técnica RSF como un modelo que produce valores proporcionales a la probabilidad de uso de un recurso, pero que además lo hace con rigor estadístico porque los modelos se desarrollan con datos objetivos en lugar de basarse en la opinión experta (modelos heurísticos).

Los estudios de selección espacial de recursos pueden abarcar diferentes escalas espacio temporales en función del objetivo o la pregunta que se busque responder. Meyer y Thuiller (2006) definen 5 órdenes de selección de acuerdo a la escala de análisis, que van desde el rango geográfico de una especie a microhabitats dentro de parches de vegetación. En este sentido, la escala de trabajo en la cual sería posible estudiar con precisión la selección de sitios por parte de ovinos en Patagonia, se enmarca en el tercer orden descripto por Meyer y Thuiller (2006). Este abarca parches dentro del área de campeo del animal (i.e., home range - Soler et al. 2001) lo cual refiere al área donde un animal vive y se traslada, y relacionado además con sus requerimientos a nivel de individuo.

Por todo lo expuesto, el objetivo del presente capítulo fue evaluar la distribución de ovinos en sistemas extensivos del sur de Santa Cruz, buscando identificar jerárquicamente los diferentes elementos del ambiente, y sus potenciales interacciones, que determinan los sitios de apacentamiento (Objetivo específico n° 2). Para esto, el estudio consistió en modelar la respuesta animal en función de diferentes aspectos del ambiente (variables predictoras) en diferentes cuadros de pastoreo extensivo en el sur de Santa Cruz. Mi hipótesis establece que los patrones de distribución espacial de los ovinos responden principalmente a la interacción de componentes forrajeros y geomorfológicos del paisaje, así como a las modificaciones antrópicas que se realizan sobre estos.

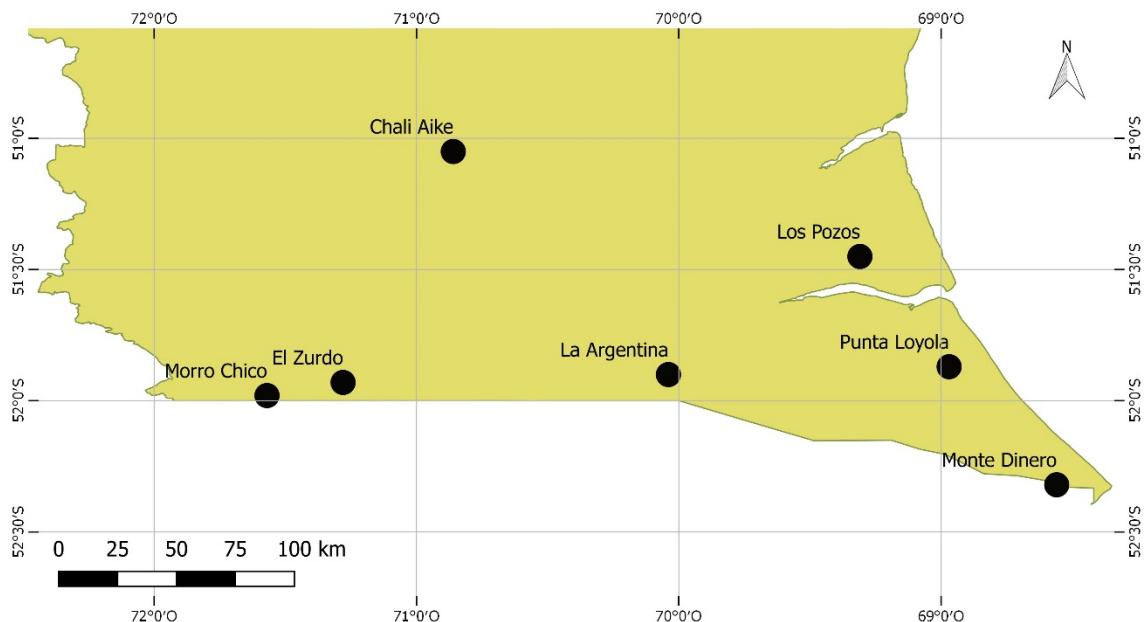
### **3.2 Materiales y métodos**

#### **3.2.1 Área de estudio y mediciones descriptivas**

El ensayo se llevó a cabo en 8 cuadros de pastoreo pertenecientes a 7 estancias (Figura 3.1) de la zona sur de la provincia de Santa Cruz: Los Pozos, El Zurdo, Punta Loyola, Chali Aike, Monte Dinero, La Argentina y Morro Chico; en diferentes épocas del año (Cuadro 3.1).

Los establecimientos se encuentran dentro del Distrito Fitogeográfico Magallánico, el cual se distribuye en el sur de Santa Cruz desde la costa atlántica hasta la zona de ecotono entre la estepa y el bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) en el oeste (León et al. 1998). La topografía varía desde sectores levemente ondulados a fuertes pendientes por la presencia de cañadones. Las comunidades vegetales presentes son muy variadas, con grandes extensiones de estepas gramíneas y/o subarbustivas dominadas por coirón fueguino (*Festuca gracillima*). También se encuentran comunidades de bosque de ñire, matorrales de mata verde (*Lepidophyllum cupressiforme*) y mata negra (*Mulguraea tridens*) con una biodiversidad propia en cada una de estas. En algunas zonas hay importantes superficies de vegas (mallines) asociadas a cauces de agua o depresiones del paisaje, en las cuales dominan gramíneas, ciperáceas y juncos. En áreas más degradadas se presentan extensas superficies de un arbusto rastrero llamado murtilla (*Empetrum*

*ruberum*), particularmente asociado a llanuras muy expuestas a los vientos (León et al. 1998). La precipitación acumulada anual para la zona de distribución de los cuadros de pastoreo bajo estudio tiene un gradiente decreciente Oeste - Este de 338 (max 436 - min 155) a 217 (max 258 – min 168) mm, mientras que la temperatura media anual tiene un gradiente creciente Oeste - Este de 5,2 a 6,8 °C (Kreps et al. 2012). Esto determina una zona de clima árido a semiárido frío (Noy-Meir 1973). Un rasgo típico del clima de la región son los fuertes y frecuentes vientos provenientes del Oeste y Suroeste, cuyos promedios históricos de intensidad varían entre 4,75 y 7,28 m/s (Samela et al. 2012).



**Figura 3.1.** Localización de los establecimientos bajo estudio en la zona sur de la provincia de Santa Cruz.

**Cuadro 3.1.** Esquema espacial y temporal del ensayo. Se detalla la localización de los cuadros utilizados, su superficie y época de estudio.

Estancia	Cuadro	Localización (Lat - Long)	Superficie (ha)	Estación del año	Período estudio
Los Pozos	Las Casas	51°31'S - 69°15'O	4624	Invierno	21/06 - 03/07
El Zurdo	Puente	51°58'S - 71°22'O	4051	Invierno	20/06 - 08/07
Los Pozos	Borregas Sur	51°22'S - 69°18'O	1947	Invierno	18/06 - 08/07
Punta Loyola	Cerro Negro	51°45'S - 68°55'O	5486	Otoño	04/04 - 24/04
Chali Aike	Montecarlo	51°3'S - 70°36'O	2945	Otoño	30/05 - 18/06
Monte Dinero	West Ruta	52°16'S - 68°34'O	551	Otoño	29/04 - 12/05
La Argentina	Maragata	51°53'S - 70°11'O	4985	Verano- Otoño	13/03 - 31/03
Morro Chico	La Faja	51°58'S - 71°37'O	1305	Verano	04/02 - 21/02

Los cuadros en cada establecimiento fueron seleccionados en forma dirigida y no

aleatoria por sus características representativas de los sistemas extensivos de la zona (dimensión, topografía, vegetación y variada cantidad y distribución de fuentes de agua), pero también por facilidades operativas (e.g., accesibilidad) y logísticas (e.g., coordinación de tareas con el productor). El momento de medición se definió en base a posibilidades operativas en cada establecimiento en la disponibilidad de los animales. En este sentido, cabe aclarar que no se utilizaron cuadros durante el período primaveral por corresponderse con la época de nacimiento y lactación de corderos (Cuadro 3.1). Esta es una época sensible para el movimiento de la hacienda por la posibilidad de “aguachamiento” de los corderos (abandono por parte de la madre), y además el comportamiento de distribución del ovino estaría condicionado por la presencia del cordero.

En cada cuadro se realizó una evaluación de pastizales previo al ingreso de los animales con el objetivo de poder estimar la disponibilidad y calidad del pastizal. Los muestreos se estratificaron por comunidad vegetal o tipo fisonómico preponderante en cada cuadro. En cada comunidad se establecieron 3 estaciones de muestreo donde se realizaron 3 cortes de 0,2 m<sup>2</sup> en cada una (Borreli y Oliva 2001b), por lo que se realizaron entre un mínimo de 27 y un máximo de 36 muestras por cuadro según el número de comunidades vegetales preponderantes. Todas las muestras fueron secadas a 60°C hasta obtener peso constante y luego se pesaron individualmente para determinar la disponibilidad de pastizal del cuadro, promediando las muestras de cada comunidad y ponderando su participación en la superficie del cuadro. Todas las muestras fueron separadas en fracciones de verde y seco para determinar este aspecto de la calidad del pastizal en cada comunidad. Ambas fracciones se molieron para determinar el contenido de proteína bruta y digestibilidad de la materia seca. El contenido de N total fue determinado a través de semi-micro Kjeldahl (A.O.A.C. 2000). El valor de proteína bruta (%PB) se obtuvo multiplicando el N total x 6,25 (McDonald et al. 1986). La digestibilidad de la materia seca (DMS) se determinó usando el incubador ANKOM DaisyII (ANKOM 1998) y el procedimiento de bolsa de filtración. En cada estación de muestreo se realizaron, además de los cortes para disponibilidad del pastizal, 2 transectas de vegetación de 20 m de longitud para determinar la cobertura de coironal, intercoironal, arbusto, subarbusto, mantillo y suelo desnudo cada 20 cm.

En cada cuadro se instalaron 2 estaciones meteorológicas (Modelo WS-1081, [www.meteostar.com.ar](http://www.meteostar.com.ar)) en sitios distanciados entre sí de al menos 1 km. Cada estación contó con sensores de temperatura del aire, precipitación y velocidad de viento.

### 3.2.2 Medición de las variables predictoras y posicionamientos GPS de los ovinos

En cada cuadro de pastoreo, se evaluaron 7 variables predictoras cuantitativas de la selección de sitios por parte de los ovinos, considerando aspectos forrajeros, geomorfológicos y antrópicos (Cuadro 3.2).

**Cuadro 3.2.** Descripción de las variables predictoras cuantitativas utilizadas en el análisis de selección de recursos por parte de ovinos, en 8 cuadros de pastoreo del sur de la provincia de Santa Cruz.

Variable	Descripción	Aspecto estudiado
ALT	Altura relativa del terreno	Geomorfológico
PTE	Pendiente del terreno	Geomorfológico
NOR	Nortitud (exposición u orientación del terreno)	Geomorfológico
DAL	Distancia a los alambres o límites del cuadro de pastoreo	Antrópico
DAG	Distancia a fuentes de agua (molinos, aguadas o lagunas)	Antrópico
DAC	Distancia a caminos principales	Antrópico
FJE	Disponibilidad forrajera de la comunidad vegetal	Forrajero

La disponibilidad forrajera al ingreso de los animales se calculó para cada comunidad vegetal (coironal, estepa graminosa, matorral, murtillar, bosque, vega) de los cuadros de pastoreo. Las comunidades vegetales preponderantes en cada cuadro se determinaron utilizando imágenes satelitales Landsat, divididas y digitalizadas de acuerdo a una clasificación supervisada (pixel 30x30 m). La disponibilidad forrajera se determinó asignando a cada comunidad vegetal las mediciones de las evaluaciones de pastizales. La altura, pendiente y exposición del terreno se obtuvieron mediante modelos de elevación digital (DEM - pixel 45x45 m) del año 2013, descargados de la base de datos web del Instituto Geográfico Nacional (<http://www.ign.gob.ar/>). La exposición del terreno, expresada en grados a partir del DEM, fue transformada a Nortitud mediante la ecuación 1. Valores cercanos a -1 indican exposición Sur del terreno, mientras que valores cercanos a 1 indican exposición Norte del terreno.

$$\cos(\text{Ángulo grados}/180) \quad [\text{Ec 1}]$$

Los datos para la construcción del DEM fueron obtenidos por dos sistemas de radar (banda-C (SIR-C) y banda-X (X-SAR)) cuya precisión vertical relativa fue de 10 m para la banda C y de 6 m para la banda X. La precisión horizontal relativa fue de 15 m para ambas bandas. Las distancias a aguadas, alambres y caminos se obtuvieron mediante su geolocalización con GPS (Garmin Etrex Legend C) y vectores (SHP -shapefile) provistos por los establecimientos.

El geoposicionamiento de los ovinos se obtuvo mediante collares GPS compuestos por un microcontrolador con arquitectura interna de 8 bits, y cuyo peso total alcanza los 800 g por unidad. Las coordenadas fueron almacenadas en una memoria no volátil EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) de 64 KB, que al ser descargada genera un archivo de texto. El GPS se alimenta de un pack de baterías conformado por 6 pilas recargables del tipo AA, con una capacidad energética de 4000 mAh a una tensión de 3,6 V. Esto le confiere una autonomía aproximada de entre 12 y 21 días bajo un intervalo de muestreo de 5 minutos (Barbari et al. 2006). El nivel de error de medición de los GPS es menor a los 10 m. El diseño y construcción de los collares GPS estuvo a cargo del Instituto de Ingeniería Rural de INTA Castelar. En cada cuadro, se

colocaron los collares GPS en 5 ovinos (raza Corriedale, hembras de 2 a 6 años de edad) escogidos al azar sobre grupos de animales sanos y sin dificultades visuales ni tractoras. Se contempló que los animales estuvieran familiarizados con los cuadros para que el proceso de selección por parte del animal contemplara todas las opciones disponibles en el paisaje.

### 3.2.3 Análisis de los datos

La disponibilidad forrajera al ingreso de los animales se calculó para cada comunidad vegetal de los cuadros de pastoreo. Asimismo, se estimó la disponibilidad forrajera global de cada cuadro en base a una ponderación de la participación en superficie de cada comunidad vegetal (Borrelli y Oliva 2001b). También, se calculó el desvío estándar de la disponibilidad forrajera de cada comunidad en base a los valores obtenidos para cada estación de muestreo. Luego, el desvío estándar de la disponibilidad forrajera global del cuadro se calculó en base a la ponderación de la superficie de cada comunidad dentro del cuadro de pastoreo. La carga animal instantánea (CAI) de cada cuadro se calculó en base a los requerimientos energéticos de los animales y tomando como referencia el equivalente ovino patagónico (EOP). Un EOP equivale al promedio de requerimientos anuales de una oveja de 49 kilos de peso vivo al servicio, esquilada en septiembre, que gesta y desteta un cordero de 20 kilos de peso vivo a los 100 días de lactancia. En el caso de las ovejas madres se contemplaron las variaciones estacionales de requerimientos utilizando un factor de corrección específico (Borrelli 2001a). Para el resto de las categorías ovinas se utilizaron las equivalencias propuestas por Cocimano et al. (1977).

Las variables climáticas fueron analizadas en los mismos períodos en que los animales entraron a los cuadros con collares GPS. Se obtuvieron medias diarias de temperatura del aire y velocidad de viento. También se obtuvieron las temperaturas mínimas diarias y la precipitación acumulada diariamente en cada cuadro. Los desvíos estándares se calcularon en base a los datos de las 2 estaciones instaladas en cada cuadro.

### 3.2.4 Construcción de un modelo de respuesta animal para sistemas ganaderos extensivos

Inicialmente, mediante el software QGIS 2.18.11 se elaboró una cuadrícula vectorial con celdas de 100 x 100 m, que representan el menor nivel espacial de los propuestos por Bailey y Provenza (2008) para el análisis de sitios de pastoreo (ver sección 1.3). Este polígono abarcó en cada caso todo el cuadro de pastoreo y se adicionó información de cada variable predictora sobre cada celda mediante la herramienta Estadística de zona, la cual permite extraer información de ráster específicos. Los ráster para comunidad vegetal y altura del terreno, fueron respectivamente la imagen clasificada y el DEM descritos anteriormente. Los ráster de pendiente y exposición del terreno se obtuvieron mediante las herramientas de procesado *Pendiente* y *Orientación*, del menú *raster-Análisis de terreno*. En el caso de distancia a alambres, caminos y aguadas; primero se rasterizaron los vectores mediante la herramienta *v.to.rast.value* de la biblioteca GRASS (Geographic Resources Analysis Support System), incorporada en QGIS 2.18.11. Luego se les aplicó la herramienta *r.grow.distance* (GRASS) para obtener los ráster específicos de cada variable. Este proceso SIG, permitió la construcción de mapas

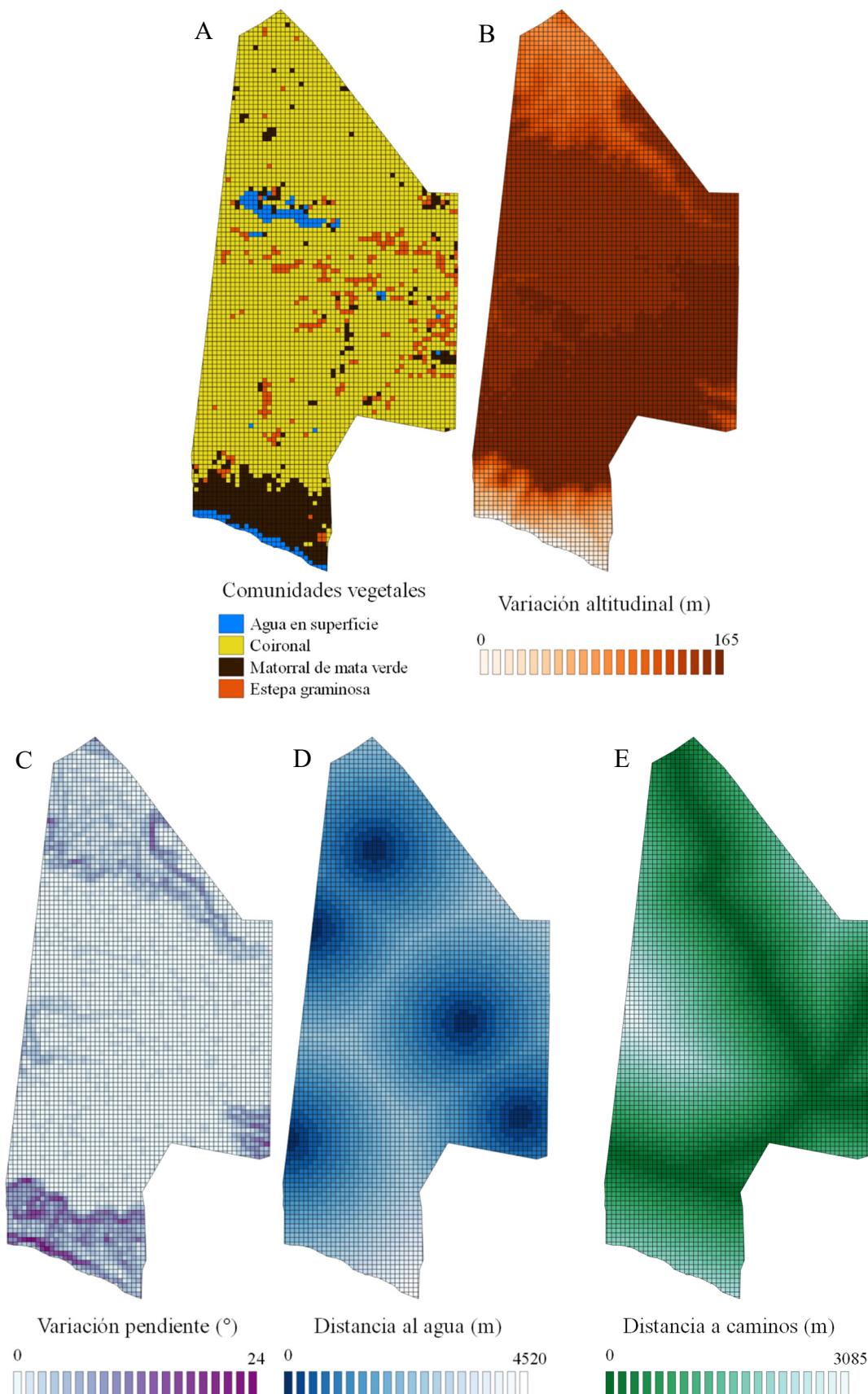
que describen la distribución espacial de las variables predictoras en cada uno de los cuadros (Figuras 3.2 a 3.9). Finalmente, se obtuvo información sobre el número de geoposiciones en cada celda (variable respuesta) mediante la herramienta *Contar puntos en polígono*, que extrae información del vector de puntos proveniente del archivo CSV descargado del collar GPS. Todo el proceso SIG se realizó bajo el sistema de referencia de coordenadas Posgar 94 Argentina Faja 2 y datum WGS84.

La información resultante de todo el procesado SIG para cada cuadro, se combinó en una única base de datos y se analizó bajo el programa estadístico R (R Development Core Team 2011) buscando examinar patrones generales de selección de recursos por parte de los ovinos. Para esto se utilizó Resource Selection Function (RSF), el cual se basa en modelos lineales generalizados (Manly et al. 2002), y permite construir modelos basados en las variables ambientales (variables predictoras) que afectan la distribución de los animales en pastoreo, determinando valores proporcionales a la probabilidad de uso de los recursos analizados.

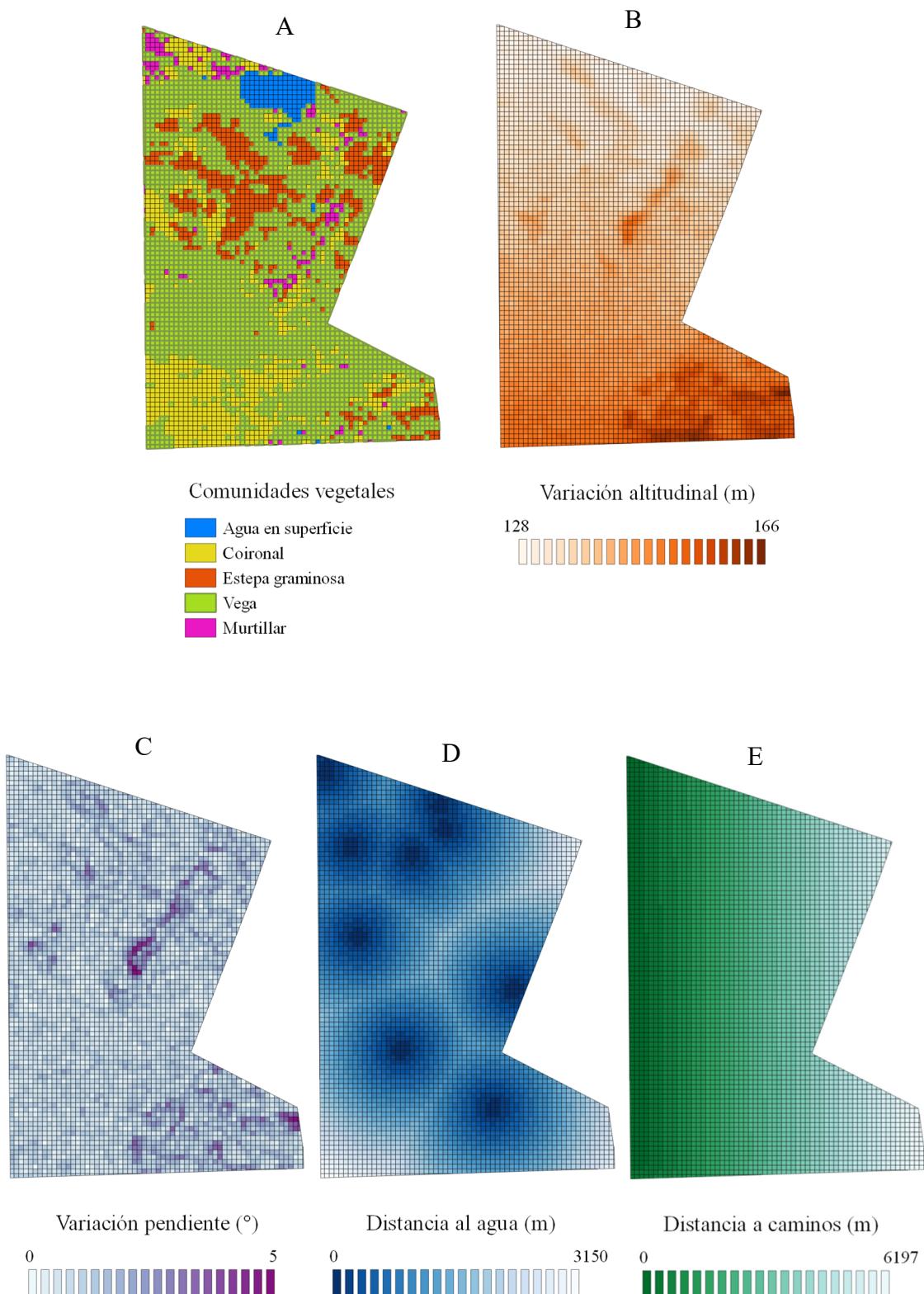
Para la conformación de la base de datos combinada de todos los cuadros, se estandarizaron todas las variables predictoras ( $X_i$ ) mediante la ecuación 2.

$$\frac{X_i - \text{Media}}{\text{Desvío estándar}} \quad [\text{Ec 2}]$$

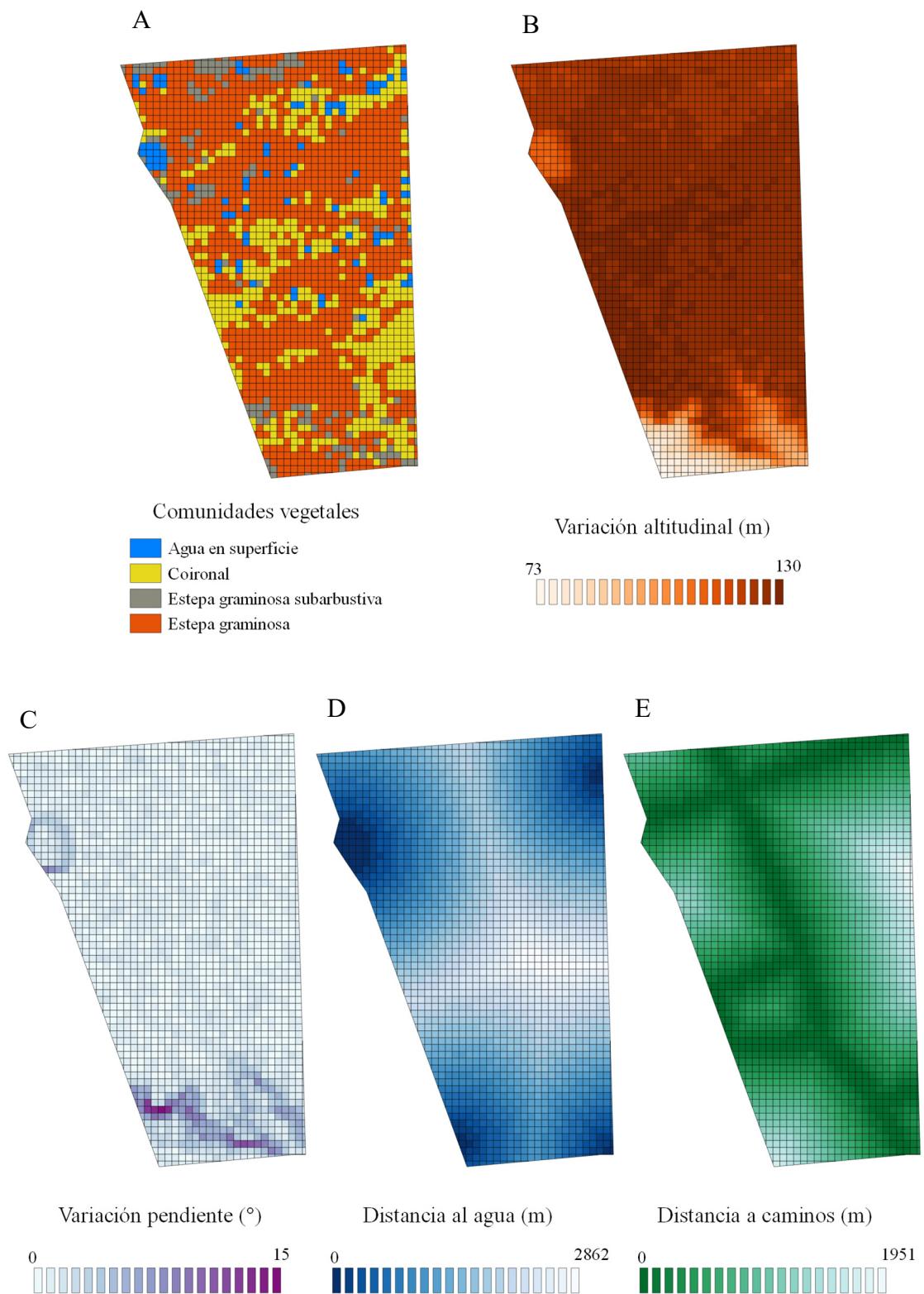
En el caso particular de la variable Altitud del terreno, se consideraron las cotas relativas previamente a estandarizar la variable. La variable respuesta (número de geoposiciones por celda), se estandarizó a 15 días de obtención de datos, ya que los collares GPS midieron diferente cantidad de días.



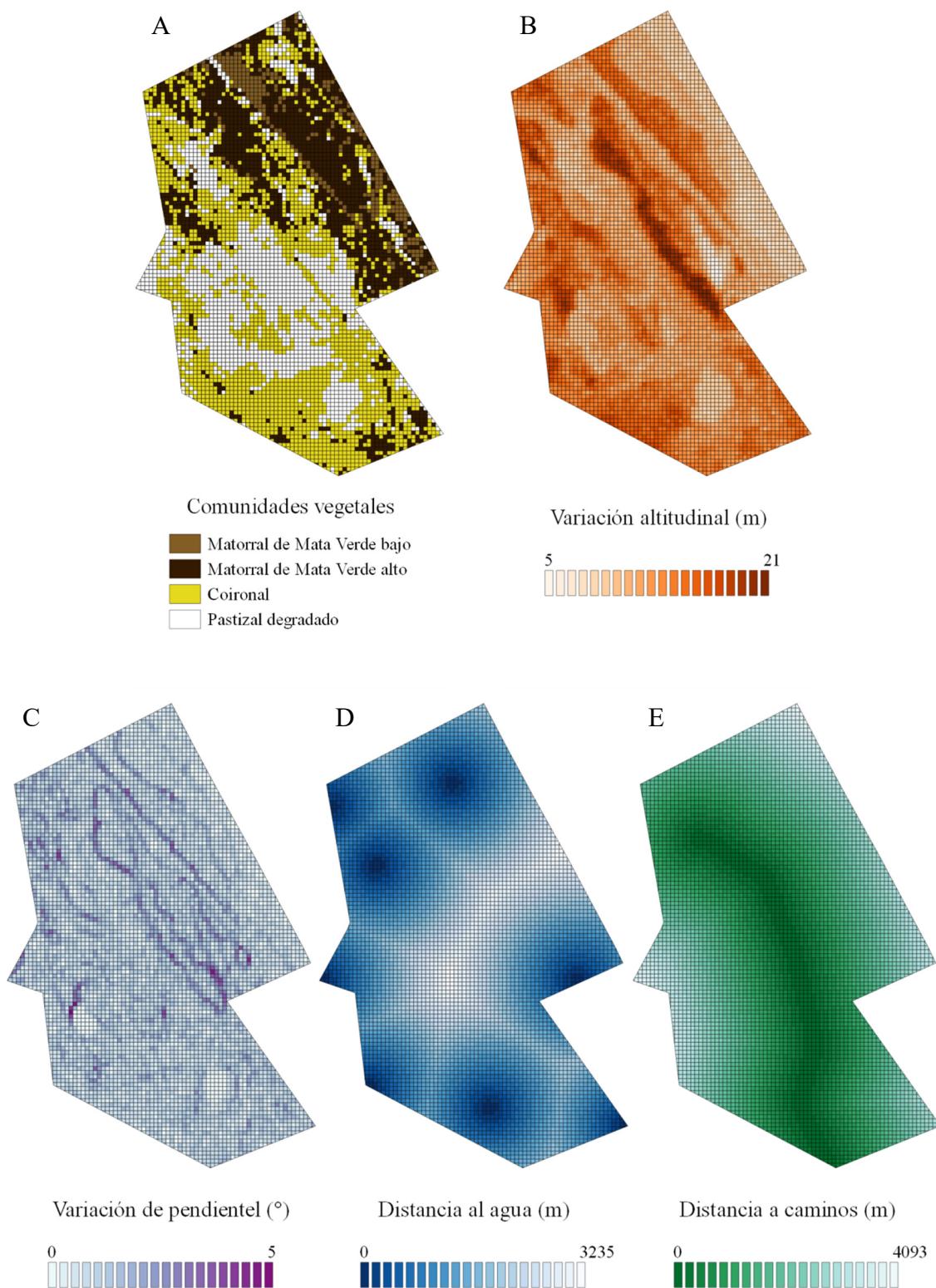
**Figura 3.2.** Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo Las Casas, Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos.



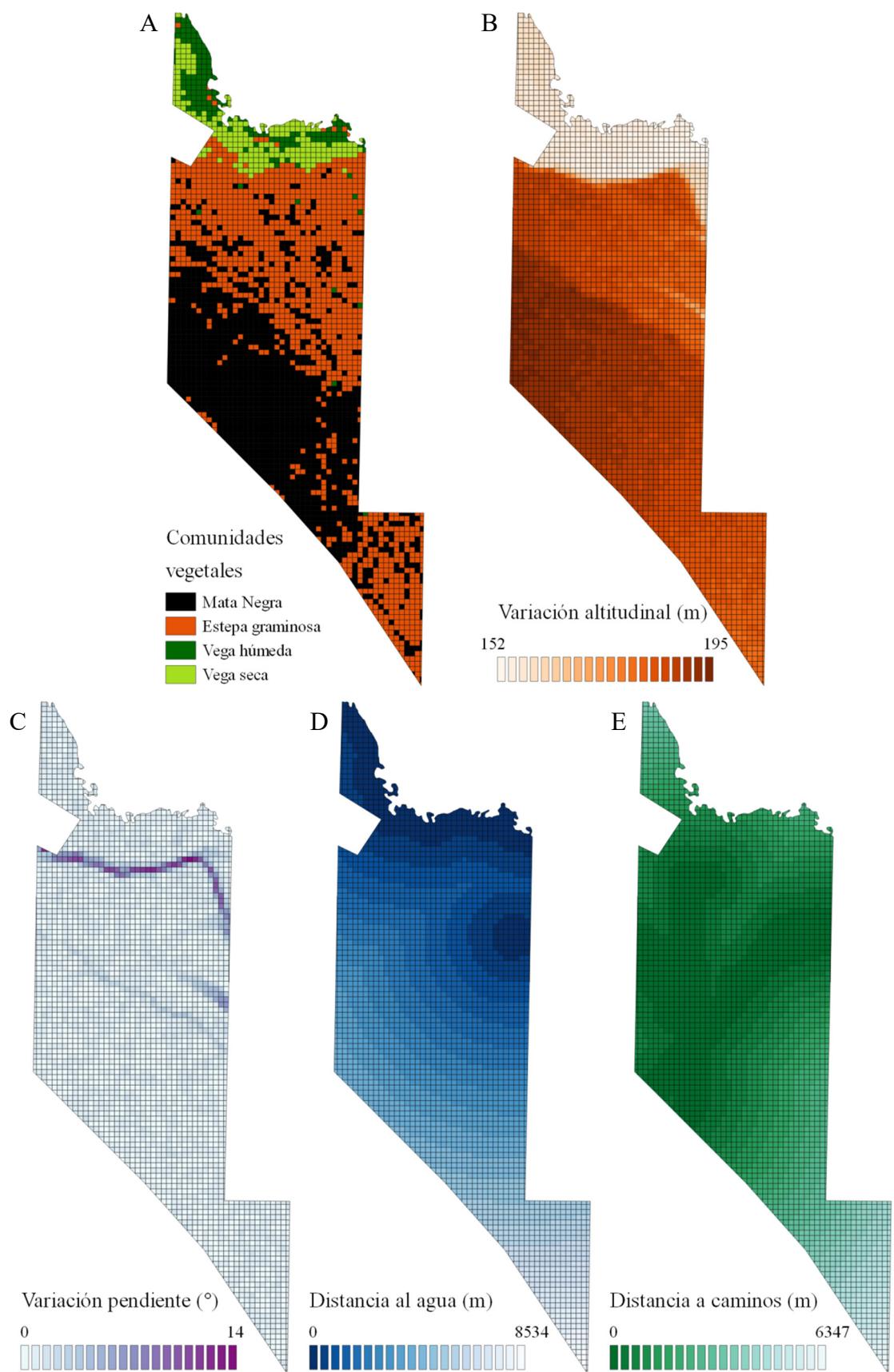
**Figura 3.3.** Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo Puente, Ea. El Zurdo, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos.



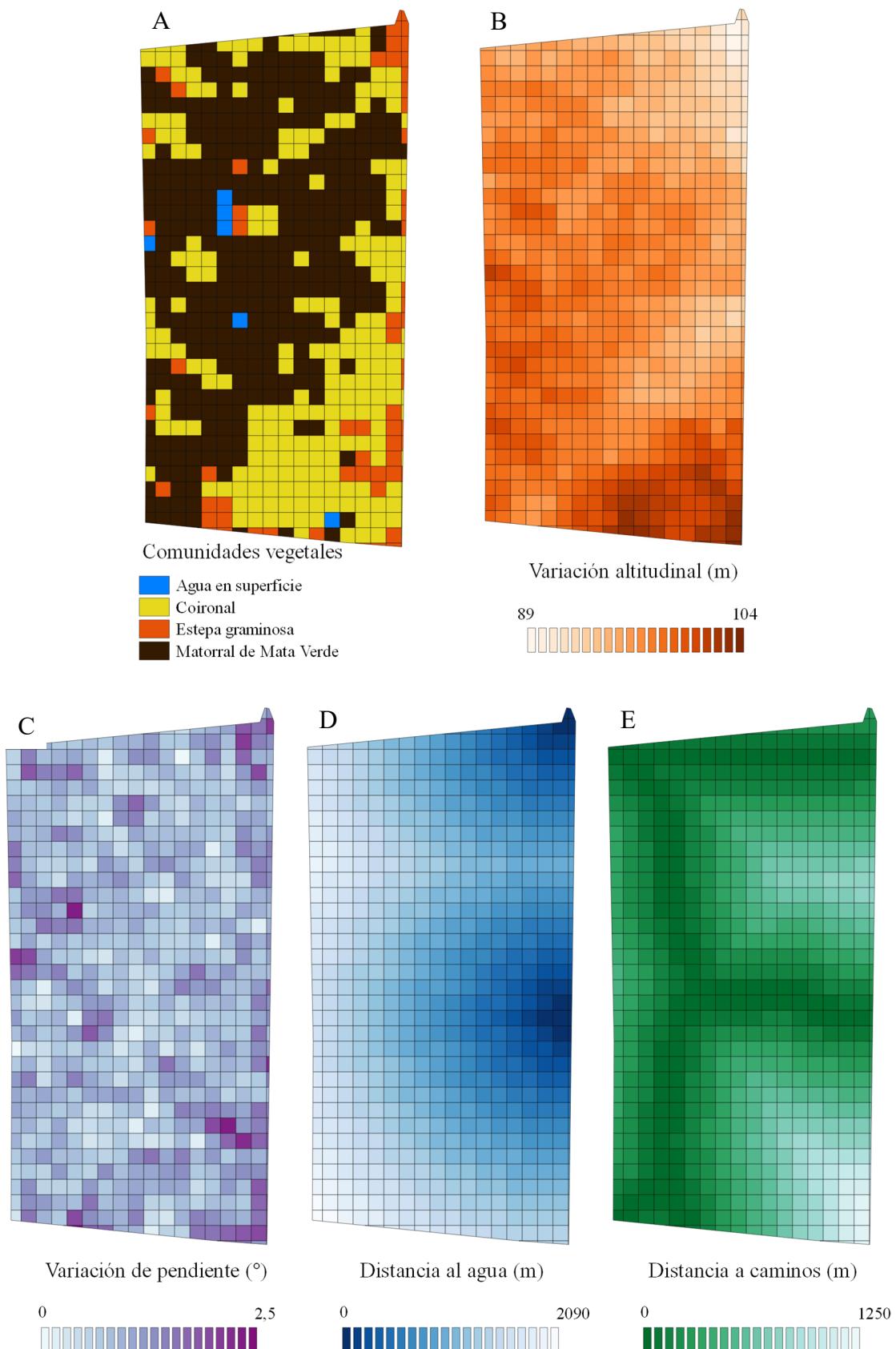
**Figura 3.4.** Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo Borregas Sur, Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos.



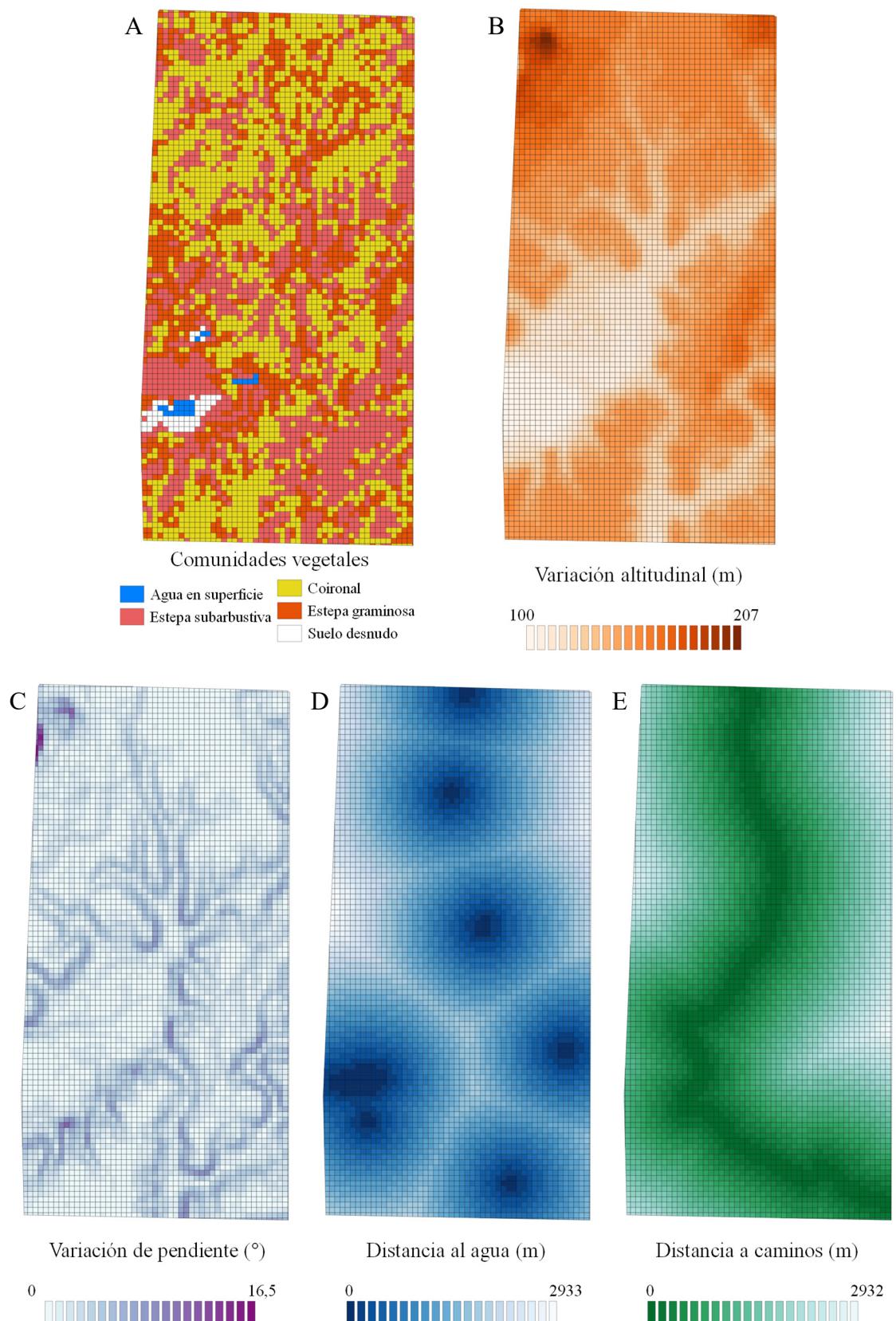
**Figura 3.5.** Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo Cerro Negro, Ea. Punta Loyola, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos.



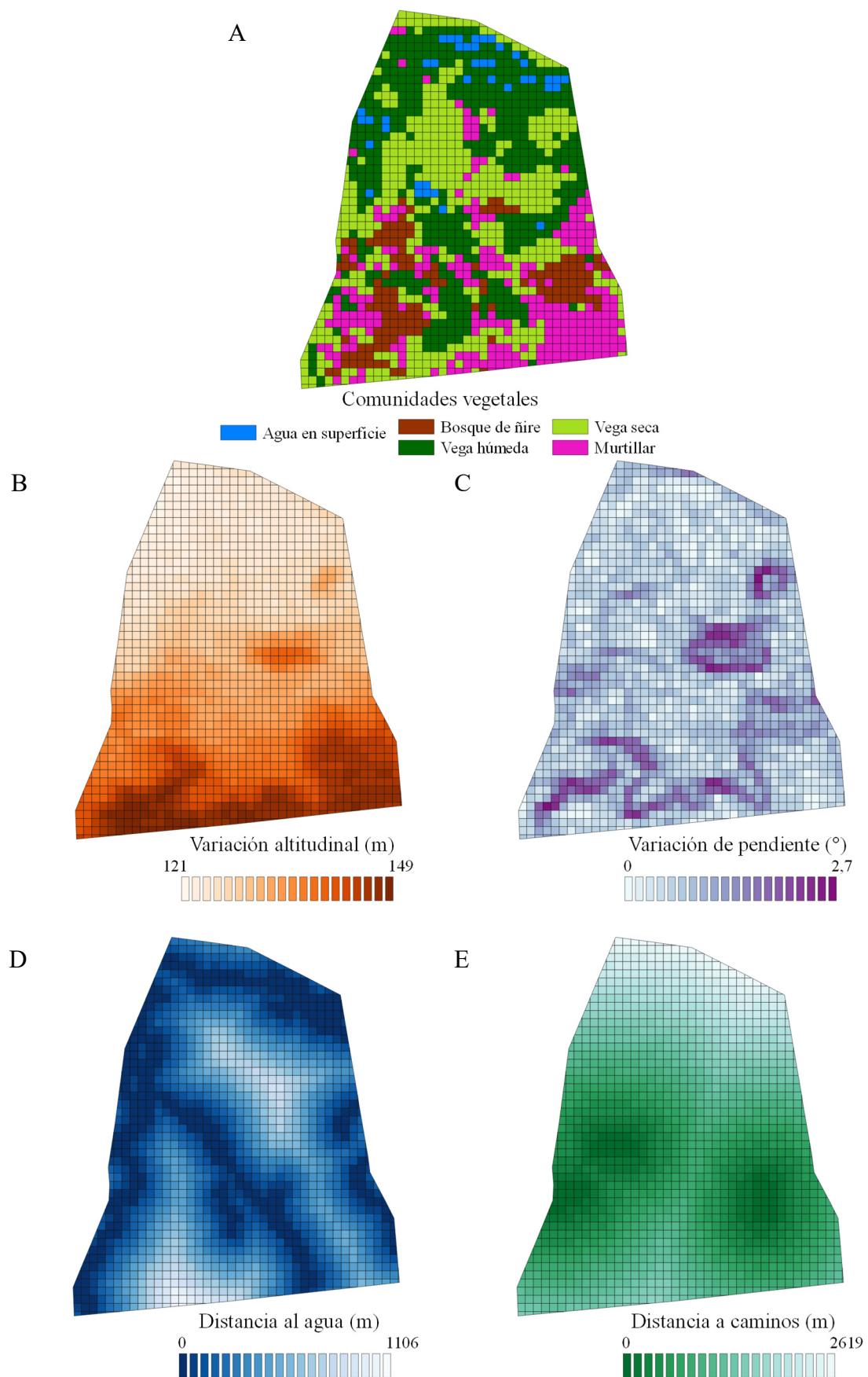
**Figura 3.6.** Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo Montecarlo, Ea. Chali Aike, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos.



**Figura 3.7.** Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo West Ruta, Ea. Monte Dinero, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos.



**Figura 3.8.** Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo Maragata, Ea. La Argentina, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos.



**Figura 3.9.** Cuadrículas vectoriales (100x100m) sobre el cuadro de pastoreo La Faja, Ea. Morro Chico, provincia de Santa Cruz. A: Comunidades vegetales. B: Altura del terreno. C: Pendiente del terreno. D: Distancia a fuentes de agua. E: Distancia a caminos.

Para la determinación del modelo de respuesta animal, se exploró *a priori* la correlación entre las variables predictoras cuantitativas estandarizadas mediante los coeficientes de correlación de Pearson y Spearman. Luego se evaluó la significancia de estas correlaciones mediante test de Pearson. Para la modelización, los cuadros y los ovinos se consideraron como efectos aleatorios, con los individuos con collar anidados dentro de los cuadros. Se utilizó inicialmente una distribución de Poisson por sus ventajas para el desarrollo de regresiones basadas en conteos; en este estudio representado por el número de geoposiciones por celda. Debido a que el modelo estimado mediante Poisson presentó una sobredispersión mayor a 1 (4,62), se optó finalmente por una distribución Binomial negativa que provee una mejor representación de datos de conteo ya que permite que la varianza sea mayor a la media (Nielson y Sawyer 2013). Cabe informar también, que se utilizó  $\log(x)$  como función vinculante.

Al incluir en el modelo mixto el efecto aleatorio del animal dentro del cuadro se genera una estructura de correlación asociada a los efectos aleatorios. Al estimar el modelo, se efectuó un variograma empírico sobre los residuos observados integrando la información de todos los cuadros y asumiendo una máxima distancia de corte de 2800 m. Esto buscó estimar semi-varianzas en la mayoría de los cuadros de pastoreo dadas las diferencias en tamaño y forma de modo de evaluar la existencia de dependencia espacial (Zuur et al. 2009).

Luego sobre el modelo ajustado se realizaron pruebas de hipótesis para los parámetros y se utilizaron los estimadores estandarizados para cada coeficiente de las variables predictoras y sus interacciones de modo de obtener su jerarquía dentro del modelo. Las sentencias utilizadas en el software R se presentan en el Apéndice (Sentencia Ap.3.1).

### **3.3 Resultados**

#### **3.3.1 Caracterización ambiental de los cuadros de pastoreo**

Los cuadros de pastoreo bajo estudio representaron una diversidad de situaciones presentes en el Distrito Magallánico de Santa Cruz (Cuadro 3.3). Aunque los cuadros exhiben comunidades semejantes entre sí, poseen diferencias en sus características debidas a la localización geográfica, la estación del año bajo estudio y el manejo histórico del pastoreo. Las comunidades vegetales con mayor presencia fueron los coironales, estepas graminosas y matorrales de mata verde, mientras que el bosque de ñire y la mata negra solo estuvieron presentes en 2 cuadros. La disponibilidad forrajera en los períodos bajo estudio, fue en general escasa (<200 Kg MS/ha), con excepciones en las comunidades de Bosque de ñire y Vega donde se alcanzaron disponibilidades que fluctuaron desde 830 a 1630 Kg MS/ha, respectivamente (Cuadro 3.3). La carga animal instantánea varió entre 0,21 y 3,04 EOP/ha (Cuadro 3.3).

La calidad forrajera varió entre cuadros y entre comunidades vegetales dentro de cada cuadro (Apéndice - Cuadro Ap.3.4). La fracción verde del pastizal fue en general menor a la fracción seca, con excepción de los cuadros Cerro Negro, Maragata y La Faja (Apéndice - Cuadro Ap.3.4). Esto es relevante considerando las fuertes diferencias en el

contenido de proteína bruta y la digestibilidad de la materia seca entre fracciones. El cuadro con mayor calidad forrajera en términos generales resultó ser La Faja, ubicado en el sector oeste del sur provincial donde el régimen de humedad es el más favorable. Por otro lado, los cuadros Montecarlo, Las Casas y Borregas Sur presentaron los indicadores más bajos en términos de calidad forrajera, ya sea por los bajos porcentajes de fracción verde o los bajos contenidos de proteína bruta y porcentajes de digestibilidad de la materia seca (Apéndice - Cuadro Ap.3.4).

**Cuadro 3.3.** Características de los cuadros de pastoreo medidas durante el período de estudio. P%: Porcentaje de participación de superficie de la comunidad vegetal en el cuadro (%); DI: Disponibilidad forrajera al ingreso de los animales (kg MS/ha); CAI: Carga animal instantánea (EOP/ha); PP: Precipitación acumulada (mm) y T°: Temperatura media diaria (°C). Entre paréntesis se presentan los desvíos estándares.

Cuadro	Comunidad	P%	DI comunidad	DI cuadro	CAI	PP	T° media diaria
Las Casas	Mat de MV	12	144,3 (16,6)				
	Estepa gram	10	146,4 (31,3)	104,7 (27,6)	0,21	0,0 (0,0)	2,8 (0,2)
	Coironal	78	93,2 (28,8)				
Puent	Vega	62	287,5 (335,8)				
	Estepa gram	18	121,9 (44,8)	231,3 (157,9)	1,07	7,5 (1,7)	-0,4 (0,0)
	Coironal	20	155,6 (53,2)				
Borregas Sur	Estepa gram	67	92,9 (10,3)				
	Estepa gram subarb	7	129,9 (44,0)	104,9 (12,6)	0,93	23,9 (1,9)	2,3 (0,2)
	Coironal	26	128,5 (9,8)				
Cerro Negro	Mat de MV alta	36	117,5 (10,4)				
	Mat de MV baja	9	60,7 (34,8)	96,2 (27,3)	0,29	4,8 (3,0)	7,3 (0,0)
	Coironal	55	152,8 (37,2)				
Montecarlo	Mat de MN	43	21,2 (6,6)				
	Vega Húmeda	7	632,8 (88,9)				
	Vega Seca	6	712,4 (696,9)	128,1 (81,6)	0,97	7,4 (1,5)	2,2 (0,2)
	Estepa gram	44	77,7 (60,8)				
West Ruta	Mat de MV	57	133,1 (53,0)				
	Coironal	34	97,3 (11,9)	118,7 (36,6)	3,04	0,0 (0,0)	3,6 (1,2)
	Estepa gram	9	108,8 (27,3)				
Maragata	Coironal	43	178,5 (50,4)				
	Estepa gram	24	189,4 (52,7)	176,7 (55,6)	0,44	2,4 (0,0)	10,5 (0,2)
	Estepa subarb	33	165,0 (64,0)				
La Faja	Vega Seca	33	434,1 (104,4)				
	Vega Húmeda	37	1636,1 (157,8)	851,1 (130,9)	1,16	13,1 (1,9)	11,5 (0,1)
	Bosque	11	828,4 (252,9)				
	Murtillar	19	95,6 (57,6)				

Mat: Matorral; gram: graminosa; subarb: subarbustiva; MV: Mata Verde; MN: Mata Negra

Las transectas de cobertura mostraron también una diversidad de situaciones entre

cuadros y comunidades vegetales (Apéndice - Cuadro Ap.3.5). En los cuadros Las Casas y Montecarlo se observó un importante porcentaje de suelo desnudo alcanzando valores superiores al 20% en la mayoría de las comunidades vegetales presentes. Por otro lado, el cuadro West Ruta presentó los valores más bajos de este indicador seguido de Puente y La Faja. Otro estrato importante de considerar en la cobertura del suelo es el intercoironal, comprendido por pastos cortos, hierbas y graminoides que constituyen el mayor porcentaje de la dieta de los ovinos (Borrelli y Oliva 2001a). La cobertura de este estrato varió entre cuadros con altos porcentajes en el cuadro La Faja y muy bajos en algunas comunidades de los cuadros West Ruta y Montecarlo (Apéndice - Cuadro Ap.3.5).

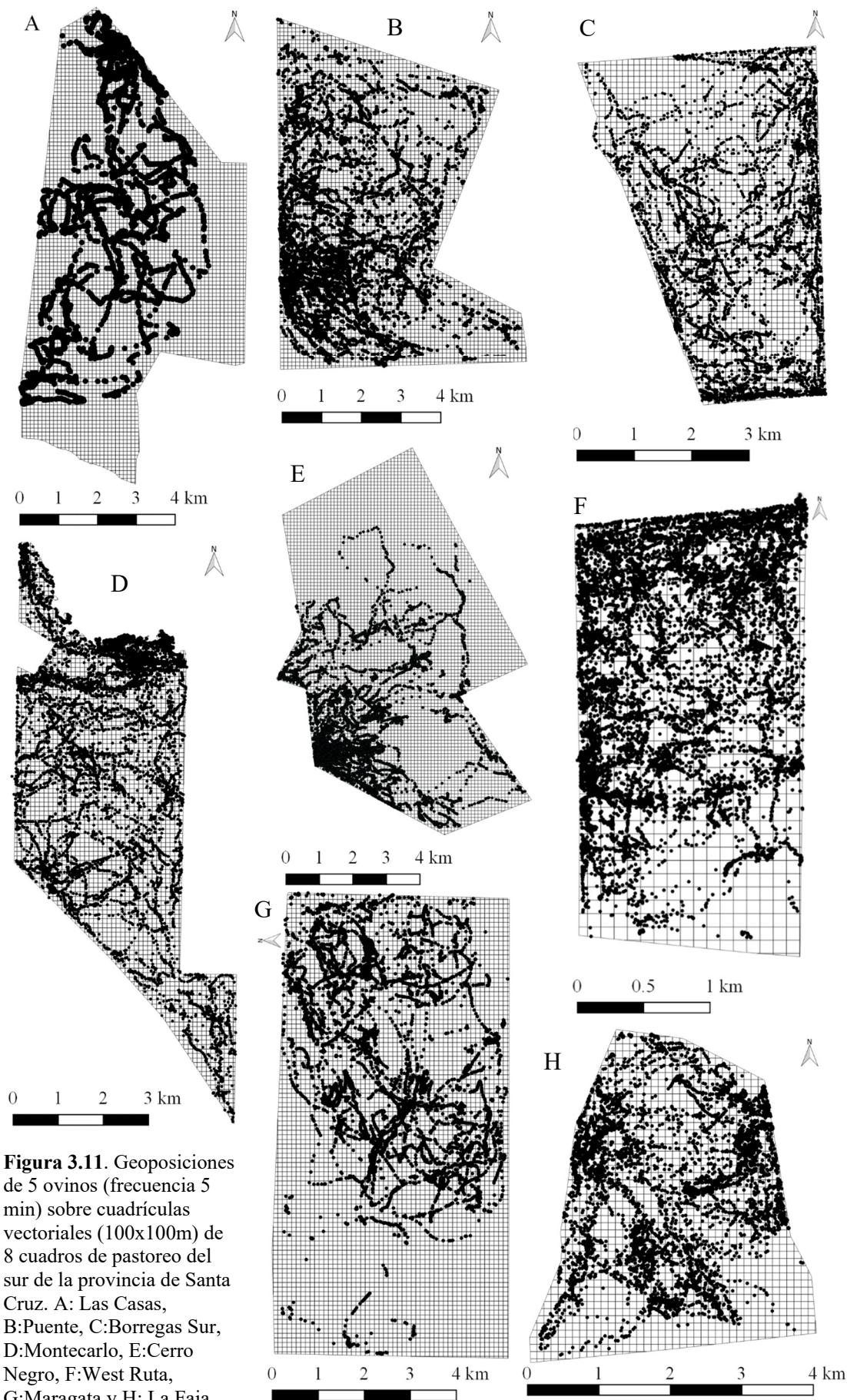
La temperatura media diaria de los cuadros de pastoreo varió mayormente entre 0 y 15 °C, con un pico de 16 °C en el cuadro La Faja y valores de -5 y -9 °C en los cuadros Montecarlo y Puente respectivamente (Apéndice - Figura Ap.3.10A). Estos mismos cuadros presentaron las temperaturas mínimas diarias más extremas, alcanzando valores inferiores a -10 °C en dos de los días bajo estudio (Apéndice - Figura Ap.3.10B).

Por su parte, la velocidad media diaria del viento presentó valores entre 2 y 8 m/s, escasos días con valores medios mayores a 10 m/s, e inexistencia de días totalmente calmos (Apéndice - Figura Ap.3.10C). Las precipitaciones fueron bajas considerando que ninguno de los períodos de estudio acumuló más de 25 mm, y las lluvias se presentaron mayormente como eventos efímeros de entre 0,3 a 3 mm diarios (Apéndice - Cuadro Ap.3.6).

### 3.3.2 Modelo de respuesta animal para los 8 cuadros de pastoreo.

Los ovinos mostraron una amplia distribución espacial a lo largo de los cuadros en todos los casos (Figura 3.11).

Las correlaciones más altas y significativas entre las variables cuantitativas utilizadas fueron DAG vs FJE, DAL vs DAC, ALT vs DAC, DAG vs ALT, FJE vs ALT, DAG vs DAC, PTE vs ALT y PTE vs NOR (Apéndice - Cuadro Ap.3.7). No obstante, se trató en todos los casos de correlaciones bajas ( $< 0,4$ ).



**Figura 3.11.** Geoposiciones de 5 ovinos (frecuencia 5 min) sobre cuadrículas vectoriales (100x100m) de 8 cuadros de pastoreo del sur de la provincia de Santa Cruz. A: Las Casas, B:Puente, C:Borregas Sur, D:Montecarlo, E:Cerro Negro, F:West Ruta, G:Maragata y H: La Faja.

Se determinó el siguiente modelo de respuesta (ecuación 3) para la zona sur de la provincia de Santa Cruz, el cual deja de lado las variables DAC, PTE y DAG por las correlaciones encontradas y el conocimiento de la naturaleza física de las relaciones entre la totalidad de las variables utilizadas (Faraway 2002).

$$\begin{aligned} \log(Y) = & \beta_0 + \beta_1 H + \beta_2 N + \beta_3 D + \beta_4 F + \beta_5 HN + \beta_6 HD + \beta_7 HF \\ & + \beta_8 ND + \beta_9 NF + \beta_{10} DF + \beta_{11} HND + \beta_{12} HNF + \beta_{13} NDF + \beta_{14} HNDF \\ & [Ec\ 3] \\ & + b_{1i} C_i + b_{2i,j} C_i O_j + \varepsilon \end{aligned}$$

Siendo:

$Y$ , variable respuesta: conteo de geoposiciones ovinas.

$H$ , Efecto fijo cuantitativo continuo altitud relativa [m].

$N$ , Efecto fijo cuantitativo continuo nortitud [-1 a 1].

$D$ , Efecto fijo cuantitativo continuo distancia a lo alambrados [m].

$F$ , Efecto fijo cuantitativo continuo disponibilidad de forraje [Kg MS/ha].

$C_i$ , Efecto aleatorio categórico del  $i$ -ésimo cuadro.

$O_j$ , Efecto aleatorio categórico del  $j$ -ésimo ovino.

$\varepsilon$ , Efecto aleatorio de error puro.

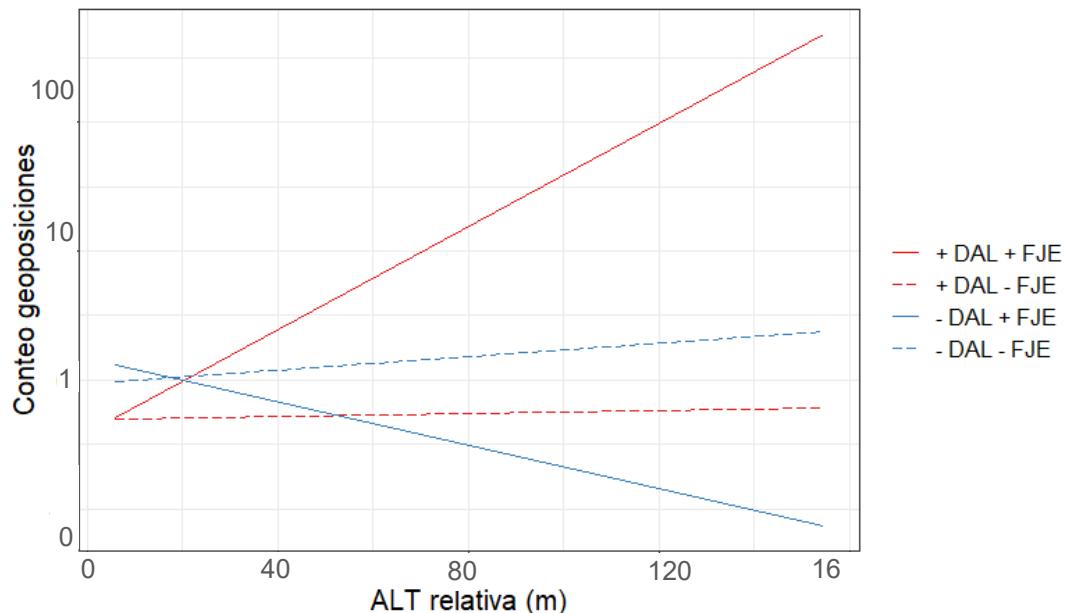
El análisis de los efectos fijos mostró que existen interacciones de tercer orden con una incidencia significativa en la respuesta de los ovinos, siendo ALT:DAL:FJE la de mayor coeficiente, seguida de ALT:NOR:FJE, mientras que la interacción de cuarto orden no fue significativa (Cuadro 3.4). Esto implica que, aunque todas las variables predictoras contempladas de modo aislado en el modelo resultaron significativas, la magnitud y significancia de los coeficientes correspondientes a las interacciones de tercer orden, restringen las interpretaciones de las variables en forma independiente. Lo mismo sucede con varias interacciones de segundo orden que mostraron una incidencia significativa, pero dado que están incluidas en las interacciones de tercer orden, su análisis queda restringido.

Para la interpretación de las interacciones de tercer orden se elaboraron dos figuras (Figura 3.12 y 3.13) mediante el software R (Apéndice - Sentencia Ap.3.2). Estas describen las pendientes de la variable respuesta (conteo geoposiciones) en función de la variable predictora ALT, cuando las dos variables predictoras restantes se mantienen constantes bajo diferentes combinaciones de valores altos y bajos.

**Cuadro 3.4.** Coeficientes de regresión estimados, intervalo de confianza, error estándar, valor z y significancia para las diferentes variables predictoras y sus interacciones, considerando el modelo se respuesta de ovinos bajo 8 cuadros de pastoreo del sur de Santa Cruz.

	Coeficiente	2,5%	97,5%	Error estándar	Valor z	Pr(> z )
(Intercepto)	0,0090	-0,5966	0,6146	0,3090	0,029	9,77E-01
ALT	0,2947	0,1952	0,3942	0,0508	5,804	6,48E-09 ***
NOR	-0,0744	-0,1090	-0,0398	0,0177	-4,215	2,50E-05 ***
DAL	0,0808	0,0397	0,1220	0,0210	3,848	1,19E-04 ***
FJE	0,2918	0,1798	0,4038	0,0571	5,107	3,27E-07 ***
ALT:NOR	-0,0966	-0,1548	-0,0383	0,0297	-3,248	1,16E-03 **
ALT:DAL	0,4319	0,3660	0,4977	0,0336	12,853	2,00E-16 ***
NOR:DAL	0,0186	-0,0186	0,0557	0,0189	0,98	3,27E-01
ALT:FJE	0,2223	0,0558	0,3887	0,0849	2,617	8,87E-03 **
NOR:FJE	-0,1471	-0,2243	-0,0698	0,0394	-3,732	1,90E-04 ***
DAL:FJE	0,5047	0,4120	0,5975	0,0473	10,669	2,00E-16 ***
ALT:NOR:DAL	-0,0394	-0,1050	0,0261	0,0334	-1,179	2,39E-01
ALT:NOR:FJE	-0,2112	-0,3335	-0,0890	0,0624	-3,388	7,05E-04 ***
ALT:DAL:FJE	0,6661	0,5213	0,8109	0,0739	9,016	2,00E-16 ***
NOR:DAL:FJE	-0,0139	-0,1040	0,0762	0,0459	-0,303	7,62E-01
ALT:NOR:DAL:FJE	-0,0557	-0,1976	0,0862	0,0724	-0,769	4,42E-01

\*\*\*<0,001 \*\*<0,01 \*<0,05



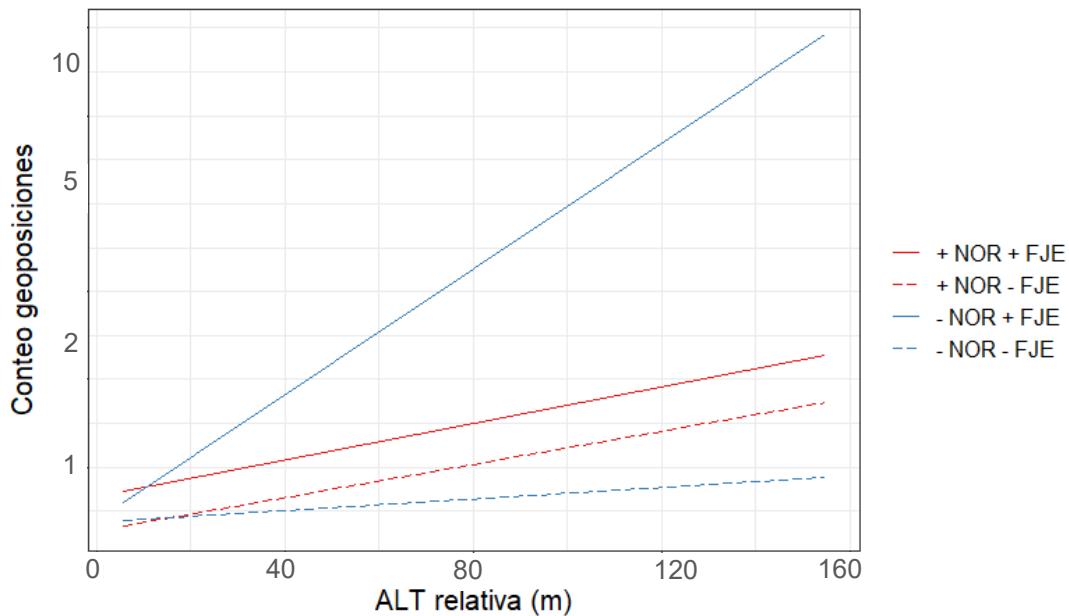
**Figura 3.12.** Valores predichos para el conteo de geoposiciones ovinas en función de la altitud del terreno relativa (ALT) bajo 4 escenarios que combinan valores bajos y altos (50 y 1630 m) de Distancia a los alambres (DAL) con bajos y altos (20 y 380 Kg MS/ha) de disponibilidad forrajera (FJE). Los valores predichos se corresponden al modelo estimado a partir de los datos de distribución espacial de ovinos en 8 cuadros de pastoreo del sur de Santa Cruz.

Como puede observarse en la Figura 3.12, la magnitud y dirección de las pendientes

varían en función de las combinaciones señaladas mostrando cambios en el comportamiento animal de selección de sitios. A baja disponibilidad de forraje (-FJE), la distancia a los alambres (DAL) tiene un efecto casi constante en todo el gradiente de altitud relativa del terreno (ALT). En cambio, a alta disponibilidad de forraje el comportamiento es bien disímil si están cerca o lejos de los alambrados y de la altitud relativa. En este sentido, podemos inferir que, en presencia de sitios de alta disponibilidad forrajera, lejanos de los alambrados hay mayor probabilidad de encontrar ovinos en sitios de mayor altura del terreno. Esta tendencia se invierte si se trata de sitios cercanos a los alambrados, aunque la magnitud del efecto es menor que para la pendiente anteriormente descripta. Por otra parte, se destaca que a baja FJE, sectores cercanos al alambrado muestran más conteos de geoposiciones a lo largo de todo el gradiente altitudinal. En síntesis, el modelo desarrollado muestra que los sitios donde más concentración de ovinos puede esperarse son aquellos de mayor altitud relativa del terreno, mayor disponibilidad de forraje y lejanos a los límites de los cuadros.

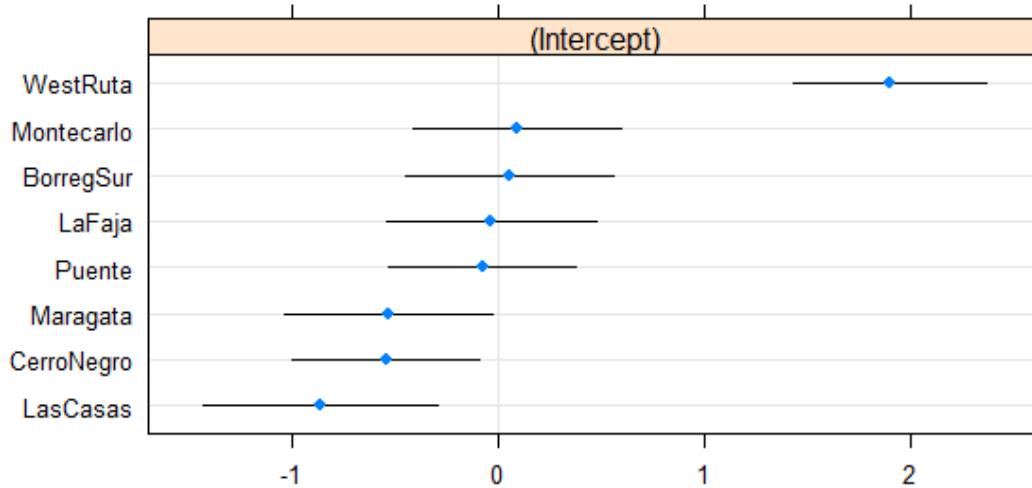
La otra interacción relevante de análisis fue la ALT:NOR:FJE, con coeficiente de signo negativo (-0,21) (Figura 3.13). En esta interacción se observa que la pendiente de la variable ALT es positiva bajo todas las combinaciones de las variables NOR y FJE. La pendiente más destacable por su magnitud es la correspondiente a la combinación de baja NOR y alta FJE. Es decir que, cuando consideramos sitios de alta disponibilidad forrajera y de exposición Sur, la preferencia de los ovinos por sitios de mayor altitud se magnifica. Por otra parte, cabe destacar que a valores positivos de NOR, las geoposiciones ovinas fueron más probables en sitios de mayor FJE a lo largo de todo el gradiente altitudinal. En este aspecto, cabe aclarar que el rango estudiado de la variable NOR representa, en su extremo positivo, un valor de 0,2. Esto es así debido a una distribución asimétrica de los valores de exposición encontrados en los cuadros; donde se observó una fuerte preponderancia de sitios con exposiciones tendientes al Sur.

Finalmente cabe aclarar que los efectos de las interacciones de tercer orden significativas aquí analizadas, difieren ampliamente en la magnitud de los conteos predichos de geoposiciones ovinas a favor de la presentada primero (Ver escala en ejes Y en Figura 3.12 y 3.13)



**Figura 3.13.** Valores predichos para el conteo de geoposiciones ovinas en función de la Altitud del terreno relativa (ALT) bajo 4 escenarios que combinan valores bajos y altos (-1 y 0,2) de nortitud (NOR) con bajos y altos (20 y 380 Kg MS/ha) de disponibilidad forrajera (FJE).. Los valores predichos se corresponden al modelo estimado a partir de los datos de distribución espacial de ovinos en 8 cuadros de pastoreo del sur de Santa Cruz.

En cuanto al análisis del efecto aleatorio dado por los cuadros, se observó que el cuadro de pastoreo West Ruta se diferenció considerablemente sobre el resto (Figura 3.17).



**Figura 3.17.** Efecto aleatorio entre cuadros considerando el modelo de respuesta de ovinos bajo 8 cuadros de pastoreo del sur de Santa Cruz.

### 3.4 Discusión

Los resultados encontrados permiten aceptar la hipótesis que establece que los patrones de distribución espacial de los ovinos, en estas latitudes y sistemas de producción, responden principalmente a la interacción de componentes forrajeros, geomorfológicos y antrópicos. Es decir que, aunque las variables predictoras consideradas en el modelo de respuesta mostraron ser significativas al analizarlas en forma individual, la mayoría de sus interacciones muestran un rol determinante en la selección de sitios de apacentamiento por parte de los ovinos.

El estudio de patrones de distribución espacial del ganado lanar no es común en la literatura científica, siendo mucho más frecuente encontrar trabajos centrados en sus congéneres salvajes (DeCesare y Pletscher 2006; Dibb 2007; Bleich et al. 2009, 2010; Warton y Aarts 2013; Poole et al. 2016). A su vez, estos trabajos no suelen abarcar el estudio de las interacciones entre las variables explicativas, asumiendo un comportamiento independiente en la determinación de los sitios de apacentamiento de los animales. Sin embargo, los conocimientos actuales sobre estos comportamientos de herbívoros, permitieron hipotetizar que existe interacción de elementos ambientales de la topografía del paisaje y sus modificaciones antrópicas tales como la presencia de alambrados y la ubicación de fuentes de agua (Bailey y Provenza 2008).

En el presente estudio, la interacción de mayor coeficiente (0,67) fue ALT:DAL:FJE; la cual corresponde a una interacción de tercer orden. Esto indica que la relación entre una de las variables predictoras sobre la variable respuesta, varía a lo largo de los niveles de las dos variables predictoras restantes y/o la combinación de estas (Dawson y Richter 2006). Teniendo en cuenta esto, la interpretación del efecto de un predictor en presencia de una interacción, presenta posibles dificultades para su interpretación simple e independiente (Faraway 2006). Específicamente en el caso de la interacción ALT:DAL:FJE (Figura 3.12) se destacaron los cambios drásticos en el comportamiento animal de selección cuando consideramos alta FJE y variamos la DAL entre alta y baja. Teniendo en cuenta los antecedentes de la literatura científica, es normal esperar que haya una preferencia de los ovinos por los sitios de mayor altitud. Por ejemplo, algunos trabajo demuestran que, en zonas de clima frío, los ovinos prefieren los sectores más altos del cuadro para el descanso, normalmente cerca de donde pastorearon el día previo (Mottershead et al. 1982) y que esto puede estar relacionado a la búsqueda de confort térmico (Tilton y Willard 1982). Sin embargo, tampoco es raro esperar un comportamiento contrario ya que las vegas y mallines se encuentran en sectores deprimidos del paisaje y son ampliamente utilizados por los ovinos en Patagonia (Anchorena et al. 2001). Por ende, tal vez, estemos frente a un comportamiento animal resultante de la fragmentación del paisaje impuesta por los alambrados (Boone y Hobbs 2004), aunque no es posible aseverar bajo qué mecanismos subyacentes se determinaron estas divisiones del ambiente. Por otra parte, la diferencia entre las pendientes a baja FJE, muestran, a lo largo del gradiente altitudinal, más conteos de geoposiciones cuando se trata de sectores cercanos a los límites del cuadro. Considerando que la baja FJE represente limitaciones en la receptividad forrajera del pastizal natural, es posible suponer que, la distribución de los ovinos en sitios perimetrales del cuadro, obedece a un comportamiento de exploración; explicando mejor en este caso la fragmentación del

paisaje impuesta por los alambrados (Boone y Hobbs 2004).

La otra interacción relevante de análisis es la ALT:NOR:FJE (Figura 3.13), en la que la variable ALT fue positiva bajo todas las combinaciones de las variables moduladoras (NOR y FJE). Sumado a lo ya expuesto sobre la variable ALT, cabe mencionar que los sectores más altos del paisaje son los que reciben mayor insolación y se encuentran más expuestos a los vientos (dentro de un rango altitudinal menor a 150 m), por lo que primero se liberan del hielo o la nieve, son más secos y cálidos, por lo que son atractivos para el ovino tanto para el pastoreo como el descanso (Tilton y Willard 1982; Coughenour 1991; Ormaechea y Peri 2015). Por otra parte, mayores valores de FJE determinaron una mayor probabilidad de geoposiciones ovinas a lo largo de todo el gradiente altitudinal. Este comportamiento de los animales era esperable, dado que en los paisajes patagónicos es común que los herbívoros encuentren limitada su posibilidad de ingesta diaria, lo que los obliga a la exploración permanente de nuevos sitios de pastoreo (Borrelli 2001a). En este sentido, Bailey y Provenza (2008) señalan que el tiempo dedicado por grandes herbívoros a determinados sitios del paisaje es proporcional a la calidad y cantidad del forraje disponible. En el caso de ovinos estas decisiones contemplan la relación de energía-proteína necesaria para cubrir los requerimientos del animal, ya que son capaces de discriminar entre plantas con diferentes niveles nutricionales gracias a mecanismos de retroalimentación postigestivos (Provenza 1995; Villalba y Provenza 1999). En el caso particular de la disponibilidad de forraje, trabajos realizados con ovejas domésticas en pastoreo de grandes extensiones (Mysterud et al. 1999, 2014), mostraron que la selección de sitios por parte de los ovinos estaba estrechamente relacionadas a una mayor cobertura vegetal y mayor productividad de las comunidades vegetales.

Es difícil encontrar en la literatura científica antecedentes sobre el análisis de interacciones en el estudio de selección de sitios por herbívoros domésticos. Solo algunos trabajos realizados con bovinos (Cook 1966; Walker et al. 1986; Walker y Heitschmidt 1989) muestran el uso de interacciones de tercer orden para el análisis de comportamiento animal, aunque no abarcaron las variables predictoras contempladas en el presente trabajo. Esto demuestra la originalidad y valor de la información obtenida en esta tesis.

El análisis de los residuos del modelo mostró una distribución asimétrica de los datos con una alta concentración en torno a cero sin observarse valores atípicos (Apéndice - Figura Ap.3.14). En forma similar, la relación de los residuos con los predichos mostró una mayor heterogeneidad a bajos valores predichos, particularmente cercanos al cero (Apéndice - Figura Ap.3.15). Esto podría afectar la precisión en las inferencias realizadas, por lo que a futuro sería necesario explorar el uso de modelos especiales que consideren el exceso de ceros.

En cuanto al análisis de auto-correlación de los residuos para el modelo ajustado, en base a los resultados del variograma empírico (Apéndice - Figura Ap.3.16), se detecta correlación y por ende una potencial dependencia espacial de las observaciones. Si bien la misma es de corto alcance (1000 m) y la magnitud de la variabilidad no supera el 50% podría ser de interés evaluar su efecto sobre la estimación de los coeficientes generales del modelo a través de técnicas que permitan contemplar una corrección.

Finalmente, en el análisis del efecto aleatorio dado por los cuadros, se observó que el cuadro de pastoreo West Ruta se diferenció considerablemente sobre el resto (Figura 3.17). Esto pudo deberse a que se trata de un cuadro cuya superficie (551 ha) es sustancialmente menor a la del resto (ver Cuadro 3.3), y que además recibió una mayor carga animal instantánea (3,04 EOP/ha). Considerando además que la disponibilidad y calidad forrajera de sus comunidades fue bastante homogénea (ver Cuadro 3.3 y Ap.3.4), estas condiciones podrían predisponer a un uso más homogéneo del cuadro (Barnes et al. 2008; Bailey y Brown 2011; Oñatibia y Aguiar 2018) y por ende similar a una distribución de puntos al azar. Se trataría entonces de una respuesta cercana a la de un modelo estadístico nulo donde no hay relación entre las variables predictoras y la respuesta animal (Faraway 2006). Aunque en West Ruta la respuesta observada seguramente no fue tan extrema, es posible esperar que las condiciones descriptas hayan promovido una respuesta diferente de los ovinos en comparación a lo encontrado en el resto de los cuadros.

## **CAPÍTULO IV**

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE OVINOS BAJO MANEJO CONTINUO Y  
ROTATIVO EN UN SISTEMA GANADERO EXTENSIVO DE SANTA CRUZ**

#### 4.1 Introducción

La comparación del manejo de pastoreo continuo versus rotativo está ampliamente abordada en la literatura científica (Heitschmidt et al. 1982, 1987; Hart et al. 1988; Manley et al. 1997; Briske et al. 2008; Derner et al. 2008). Sin embargo, los estudios están mayormente focalizados sobre los efectos en el pastizal y los resultados sobre la producción animal, atendiendo escasamente a las implicancias del manejo sobre los patrones de comportamiento animal. El conocimiento de los potenciales cambios en estos patrones, puede mejorar la comprensión de los mecanismos ecológicos subyacentes a los resultados que normalmente se observan tanto en la producción animal a nivel individual como por unidad de superficie de pastoreo.

En Patagonia Sur, la ganadería extensiva se caracteriza por utilizar un pastoreo continuo sobre los cuadros (los animales permanecen todo el año sobre el mismo cuadro) o solo separar entre cuadros de uso estival o invernal (Veranadas e Invernadas) (Golluscio et al. 1998, Suarez 2009). Por su parte, el pastoreo rotativo de los cuadros de pastoreo no es una práctica habitual (Quargnolo et al. 2007; Ormaechea et al. 2009).

El manejo rotativo tiene muchas variantes, pero en términos generales se puede entender como el uso de varios cuadros a lo largo del año con el objetivo de usar uno en particular mientras descansan el resto (Henning et al. 2000). En algunos establecimientos de la región patagónica se aplica actualmente el denominado Manejo Holístico (OVIS XXI 2010b), derivado de las postulaciones de Allan Savory (Savory y Butterfield 1999). Este manejo incorpora una serie de medidas para una planificación integral del establecimiento. No obstante, en los aspectos que conciernen al pastoreo, el Manejo Holístico propone realizar una planificación estratégica del uso de los cuadros que maximice el tiempo de descanso de los pastizales y minimice los tiempos de permanencia. A los fines de establecer una denominación específica de este manejo en el presente estudio lo llamaremos Manejo Rotativo Planificado (MRP).

El MRP puede aplicarse en un establecimiento sin necesidad de realizar subdivisiones de los cuadros en forma inmediata, ya que puede disponerse de los cuadros existentes para emprender la primera planificación. Sin embargo, las subdivisiones son recomendadas y promovidas dado que amplían las posibilidades de planificación y los períodos de descanso disponibles para los cuadros de pastoreo (Savory y Butterfield 1999). Como resultado de este esquema se presenta una mayor concentración de animales en un determinado tiempo en comparación con el Manejo de Pastoreo Continuo (MPC) lo que equivale a una mayor carga animal instantánea (CAI). Asimismo, es posible afirmar que, con la incorporación de subdivisiones, el pastoreo de los animales se realizará en cuadros de menor tamaño. Finalmente, el MRP también implica un cambio más frecuente de cuadros imponiendo al animal una dinámica de movimiento diferente a las que estaría sujeto bajo MPC.

La mayor concentración de animales en los cuadros ( $>$  CAI) podría implicar una menor selectividad en las especies vegetales consumidas y por ende la incorporación en la dieta de las menos preferidas (Shaw et al. 2006) o más abundantes (Kausrud et al. 2006). Por otra parte, algunos estudios señalan que lo que sucede a altas cargas instantáneas es una disociación temporal en la utilización de las diferentes especies, con una alta tasa de consumo de las especies preferidas al comienzo del período de pastoreo

(Walker et al. 1989; Bailey y Brown 2011). Al margen de que se manifieste uno u otro comportamiento de selección dietaria, los ovinos podrían reflejarlo en una respuesta específica de sus hábitos de pastoreo (Lynch et al. 1992). En este sentido, Lynch et al. (1992) señalan que, si la tasa de ingesta de ovinos disminuye como consecuencia de una alta selectividad de partes de la planta, estos pueden mantener la ingesta diaria gracias a un incremento del tiempo de pastoreo.

Por otro lado, las subdivisiones de los cuadros de pastoreo también pueden influir en el comportamiento de los animales si se realizan a expensas de una fragmentación del ambiente ya que limitan las posibilidades de movimiento y utilización de los diferentes sitios del paisaje (Boone y Hobbs 2004, Ormaechea y Peri 2015). En este sentido, los ovinos regulan también la distancia que recorren y la velocidad del desplazamiento en función de sus expectativas de consumo de forraje (Dumont et al. 1998).

Finalmente, la variación del tamaño de los cuadros de pastoreo también es un factor importante en el comportamiento animal, ya que puede condicionar tanto los patrones de distribución espacial del ganado (Barnes et al. 2008; Oñatibia y Aguiar 2018), como la distancia recorrida y el área explorada diariamente (Ormaechea y Peri 2015). Particularmente, en sitios patagónicos bajo pastoreo extensivo, Oñatibia y Aguiar (2018) encontraron que en cuadros más pequeños (100 vs 1000 ha) los animales se distribuyen más homogéneamente, y que esto implica también un impacto más homogéneo sobre la vegetación. Por su parte, Ormaechea y Peri (2015) encontraron relaciones positivas entre las distancias caminadas por los animales y el área que exploran respecto del tamaño de los cuadros en sistemas extensivos cordilleranos.

Por todo lo expuesto, el objetivo del presente capítulo fue evaluar patrones de distribución animal en función de dos tipos de manejo del pastoreo (Manejo Rotativo Planificado, MRP y Manejo de Pastoreo Continuo, MPC) en un sistema ganadero extensivo de Santa Cruz (Objetivo específico n°3). La hipótesis es que, la mayor concentración de animales bajo MRP provoca menores áreas exploradas y distancias diarias caminadas. Esto es producto de un comportamiento animal de menor selectividad por las especies forrajeras y consecuentemente menor cantidad de tiempo dedicado a la búsqueda de calidad forrajera.

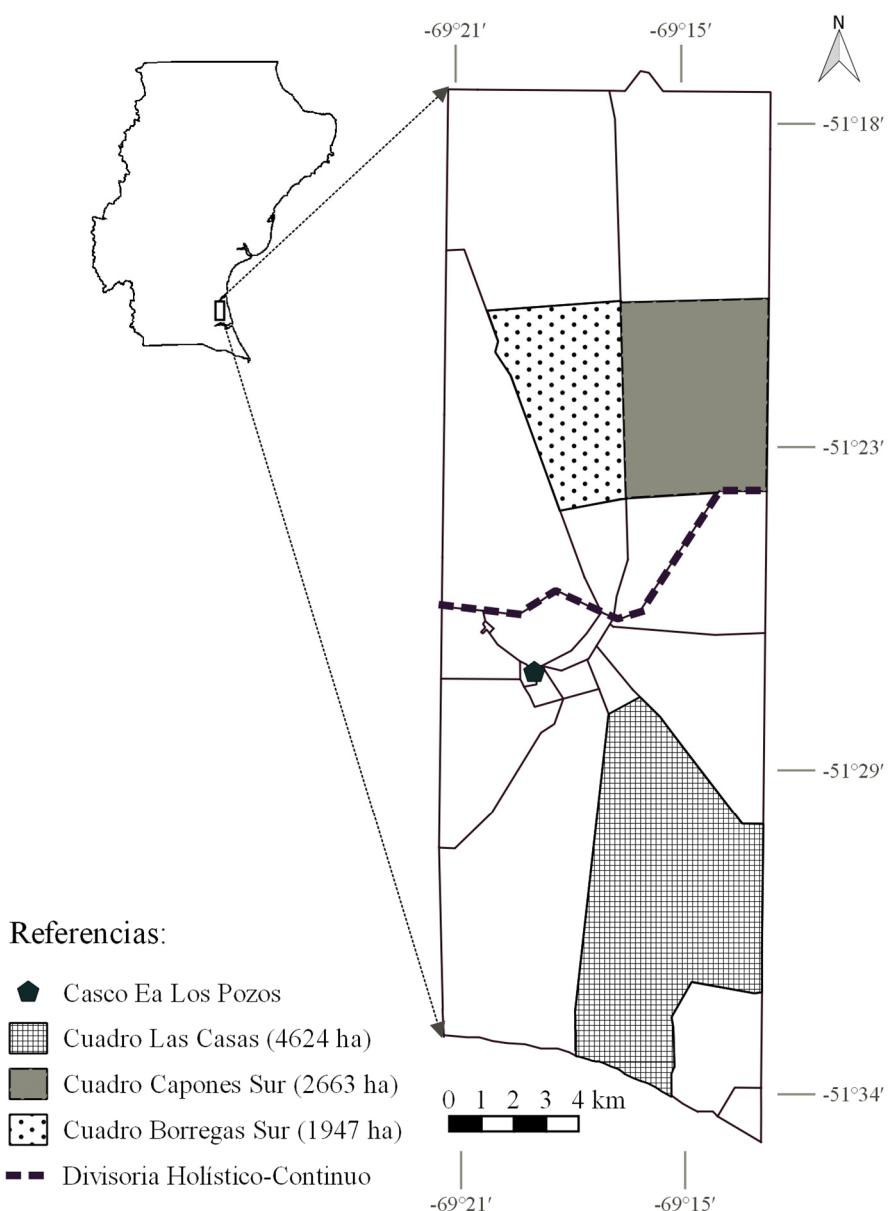
## 4.2 Materiales y métodos

### 4.2.1 Área de estudio

El ensayo se llevó a cabo en la Estancia Los Pozos ( $51^{\circ}26'S$  -  $69^{\circ}17'W$ ) ubicada en la zona sureste de la provincia de Santa Cruz. Se seleccionó este establecimiento por ser el único de la provincia que aplica dos manejos diferentes en el mismo predio (MRP en sector norte y MPC sector sur) (Figura 4.1). Esta particularidad permite optimizar las condiciones de comparación al contar con similares condiciones climáticas, tipo de vegetación, animales de la misma raza, mismo manejo sanitario y productivo.

La superficie de la estancia es de 27.000 ha y cuenta con 15 cuadros para ganadería extensiva en un paisaje que incluye terrazas del Río Gallegos en el sur y una serie de mesetas sedimentarias de origen terciario que alcanzan los 150 m sobre el nivel del mar (Anchorena 1985). Los suelos son Argicrises típicos y Haploxerandes típicos en antiguas

planicies glacifluviales retrabajadas por la acción fluvial (del Valle et al. 2002), con una capa deposicional de arena de unos 10 cm de grosor y rica en material orgánico que cubre la superficie, y abundantes gravas cementadas con arcilla en horizontes más profundos. Las mesetas son planas y el drenaje es pobre, lo cual genera una serie de lagunas (“Pozos”) que le dan el nombre a la estancia (Oliva et al. 2012). Estas cuencas cerradas tienen cuerpos de agua de diferentes tamaños, pero solamente algunas de ellas son permanentes. La vegetación está dominada por especies perennes como “coirones” de *Festuca gracillima* y diversos pastos cortos donde predominan *Poa spiciformis*, *Carex* spp. (graminoides) y *Nardophyllum bryoides* (subarbusto) (Faggi 1985).



**Figura 4.1.** Localización de Ea. Los Pozos en la provincia de Santa Cruz y cuadros correspondientes al presente ensayo. Los cuadros al norte de la línea divisoria (línea punteada) se encuentran bajo Manejo Rotativo Planificado (Holistico), y los ubicados al sur bajo Manejo de Pastoreo Continuo.

La precipitación acumulada anual para esta zona es de 217 mm, con una distribución uniforme a lo largo del año. La temperatura media es de 1 °C en julio y 12,2 °C en enero (Kreps et al. 2012).

El establecimiento se dedica a la cría de ovinos (raza Corriedale) para lana y carne. La esquila se realiza en septiembre (preparto) y el servicio es en el mes de mayo. El porcentaje de señalada (corderos obtenidos por oveja madre al servicio) del establecimiento es 87,3 % y la tasa de extracción alcanza el 48,2 % (Oliva et al. 2012).

#### 4.2.2 Esquema del ensayo experimental y mediciones de caracterización

El ensayo fue concebido inicialmente para la comparación estadística de dos tratamientos (MPC y MRP) repetidos temporalmente en 2 períodos y en dos estaciones del año (verano e invierno) (Cuadro 4.1). Debido a la sequía, el productor decidió no efectuar manejo holístico el invierno del segundo año, lo que demuestra una vez más la complejidad y dificultad de conducir experimentos manipulativos a escalas de manejo realistas en ganadería extensiva. Para el análisis estadístico comparativo de los tratamientos en el período estival, se realizó un análisis de varianza mediante el software Infostat 2018 y se utilizó el test post hoc de Tukey con un nivel de significación del 5 %.

En el caso del tratamiento MPC se utilizó el mismo cuadro de pastoreo (Las Casas) para las dos estaciones del año, y para el tratamiento MRP se utilizó el cuadro Borregas Sur para el período invernal y Capones Sur para los períodos estivales (Figura 4.1 y Cuadro 4.1). La elección de cuadros y momentos de uso estuvieron supeditados a las facilidades operativas del establecimiento. No obstante, se garantizó que los cuadros y los animales tengan al menos 3 años bajo el mismo manejo a evaluar en el presente estudio.

Los animales utilizados para el tratamiento MPC fueron asignados al mismo cuadro de pastoreo durante todo el año. Los animales para el tratamiento MRP rotaron por 5 cuadros tanto en la época estival como invernal. El criterio y momento de rotación se definió en función de planificaciones para el período estival (“Plan abierto”) y el invernal (“Plan cerrado”), en acuerdo con los principios del Manejo Holístico y las teorías Allan Savory.

Las diferencias entre manejos para el presente estudio estuvieron dadas por el tamaño de los cuadros, la carga animal instantánea (Cuadro 4.1), el acostumbramiento de los animales a los respectivos manejos (al menos 3 años bajo el mismo manejo) y la disponibilidad forrajera del pastizal resultante de los años bajo cada manejo.

La determinación de la carga animal se basó en criterios fundamentados en la Tecnología de Manejo Extensivo (Borreli 2001b) teniendo en cuenta la variación de requerimientos anuales de acuerdo al tipo de esquila y categoría animal.

La disponibilidad del pastizal fue relevada sobre las 3 comunidades vegetales predominantes de cada cuadro, al momento de entrada de los animales. En cada comunidad se establecieron 3 estaciones (9 estaciones por cuadro) y en cada estación se realizaron 3 cortes de pasto (27 por cuadro) sobre marcos de 0,2 m<sup>2</sup> (Borreli y Oliva 2001b). Se pesaron todos los cortes individualmente y se separaron en verde y seco. Luego se pesaron las 54 fracciones obtenidas. Las comunidades vegetales se obtuvieron mediante clasificaciones supervisadas de imágenes satelitales Landsat (pixel 30x30 m).

**Cuadro 4.1.** Cuadros bajo estudio, tipo de manejo (tratamiento), superficie, período de uso y carga animal instantánea (CAI) al momento de entrada de los animales. En la columna Período de uso, “Invierno” representa 15 días a partir del 21 de junio de 2015, “Verano ’15” representa 15 días a partir del 14 de diciembre de 2015, y “Verano ’16” representa 15 días a partir del 14 de diciembre de 2016.

Cuadro	Superficie (ha)	Tipo de manejo	Período de Uso	CAI (EOP/ha)
Las Casas	4624	Manejo de Pastoreo Continuo	Invierno	0,21
		Manejo de Pastoreo Continuo	Verano ’15	0,41
			Verano ’16	0,38
Borregas Sur	1947	Manejo Rotativo Planificado	Invierno	0,93
Capones Sur	2663	Manejo Rotativo Planificado	Verano ’15	0,52
			Verano ’16	0,51

En cada cuadro se instalaron 2 estaciones meteorológicas (Modelo WS-1081, [www.meteostar.com.ar](http://www.meteostar.com.ar)) distanciadas entre sí al menos 5 km. Cada estación contó con sensores de temperatura del aire, precipitación y velocidad de viento.

#### 4.2.3 Mediciones de comportamiento animal y análisis de datos

Para el presente estudio se colocaron collares GPS a 10 ovejas madres de raza Corriedale (2 a 6 años de edad), 5 por cuadro, escogidas al azar, pero garantizando que no tuvieran dificultades tractoras ni visuales. Se utilizó la misma tecnología de collares GPS que en el capítulo 3. Los equipos midieron geoposiciones (latitud y longitud), fecha y hora cada 5 minutos en un período aproximado de 15 días a partir del 21 de junio en invierno y el 14 de diciembre en verano (Figuras 4.2, 4.3 y 4.4). Se contempló que los animales conocieran previamente el cuadro para que el proceso de selección por parte del animal contemplé todas las opciones disponibles en el paisaje (Broweleit et al. 2000).

En base a las geoposiciones obtenidas se calculó la distancia recorrida por los ovinos, la velocidad de desplazamiento, el área explorada y el área explorada relativa. Esta última representa la proporción del cuadro explorado por el ovino respecto a la superficie total del cuadro, siendo un indicador indirecto de la homogeneidad de uso del cuadro de pastoreo.

Todas estas variables fueron calculadas mediante el software R (R Core team) y las sentencias se presentan en el apéndice (Sentencia Ap.4.1). La distancia recorrida se calculó para cada collar GPS, obteniendo una distancia total recorrida diariamente. Para ello, se utilizó la librería adehabitat LT y la herramienta *as.ltraj* (Calenge 2006). Luego, se obtuvieron distancias medias recorridas diariamente en base a los 5 collares de cada cuadro.

La velocidad de desplazamiento se calculó para cada collar GPS, obteniendo inicialmente la velocidad entre geoposiciones (distancia/ $\Delta$ tiempo) y posteriormente la velocidad media diaria. Luego, se obtuvieron velocidades medias diarias en base a los 5 collares de cada cuadro.

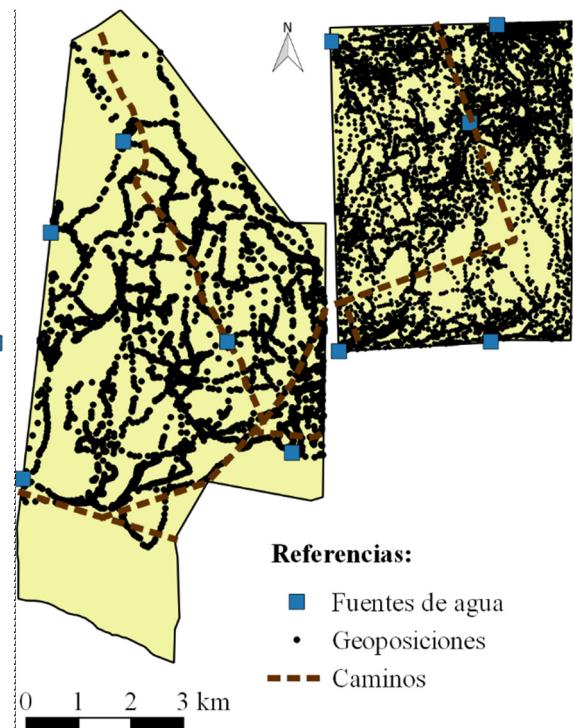
El área explorada se calculó para cada collar GPS, obteniendo un área explorada total diaria y áreas exploradas medias diarias en base a los 5 collares de cada cuadro. Para ello, se utilizó la librería adehabitat HR y la herramienta *mcp* (Calenge 2006). Esta herramienta calcula el Polígono Mínimo Convexo (MCP por sus siglas en inglés), es decir el polígono de menor tamaño que contiene todas las geoposiciones ovinas de un período de tiempo determinado. El MCP se calculó al 95 % de probabilidad desestimando el 5 % de los valores extremos (Calenge 2015).

Otras variables evaluadas fueron la frecuencia diaria de visitas a las fuentes de agua y el tiempo de permanencia diario en el área de bebida. Para su estimación se definió un área focal de hasta 50 m del centro de ubicación de las fuentes de agua, dentro de la cual se consideró que el animal visitaba la aguada si había al menos una geoposición. Para este análisis se construyó un buffer de 50 m en torno a cada fuente de agua y se obtuvieron los puntos de interés mediante la herramienta *Unir atributos por localización* del software QGIS 2.14.5 Essen.

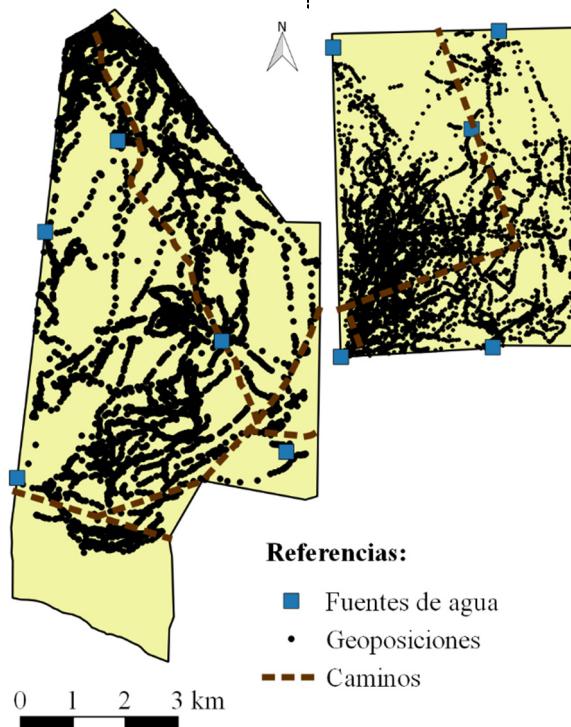
También se infirió la proporción de cada actividad diaria de los animales (pastoreo, descanso y traslado) mediante dos umbrales de velocidad de desplazamiento. Así, para determinar la actividad de pastoreo, se tomaron los posicionamientos con velocidades entre 1 y 13 m/min. Valores menores a 1 m/min se consideraron como actividad de descanso, y los mayores a 13 m/min se consideraron como actividad de traslado. Estos umbrales fueron establecidos en base a varios estudios con ovinos en Patagonia (Ares et al. 2007; Ares y Bertiller 2010; Ormaechea y Peri 2015).



**Figura 4.2.** Geoposiciones de 5 ovinos (Invierno de 2015) sobre cuadros de pastoreo MPC (izquierda) y MRP (derecha), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz.



**Figura 4.3.** Geoposiciones de 5 ovinos (Verano de 2015-2016) sobre cuadros de pastoreo MPC (izquierda) y MRP (derecha), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz.



**Figura 4.4.** Geoposiciones de 5 ovinos (Verano de 2016-2017) sobre cuadros de pastoreo Las Casas (MPC) y Borregas Sur (MRP), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz.

En base a las geoposiciones obtenidas, también se estimó la preferencia de los animales por las diferentes comunidades vegetales (coironal, estepa graminosa, matorral de mata verde, estepa graminosa subarbustiva, áreas degradadas) mediante el Índice de selección ( $IS_i$  - Ecuación 1) (Bertiller y Ares 2008, Black Rubio et al. 2008, Ormaechea et al. 2012). También se estimó el porcentaje de uso (%Uso  $i$ ) de cada comunidad vegetal en base a la ecuación 2. Estos indicadores fueron calculados para cada collar y cuadro, por lo que los valores informados corresponden al promedio de 5 collares.

$$\text{Ecuación 1} \rightarrow IS_i = \frac{f_{geop_i}}{pa_i} \quad \text{Ecuación 2} \rightarrow \% Uso_i = \frac{n^o_{geop_i}}{\text{geop totales}} \times 100$$

Siendo:  $IS_i$ : Índice de selección de la comunidad vegetal  $i$ ;  $f_{geop_i}$ : frecuencia de geoposiciones en comunidad vegetal  $i$ ;  $pa_i$ : participación de la comunidad vegetal  $i$ ; %Uso  $i$ : Porcentaje de uso de la comunidad vegetal  $i$ ;  $n^o_{geop_i}$ : número de geoposiciones en comunidad vegetal  $i$ ; geop totales: geoposiciones totales.

Valores de  $IS$  mayores y menores a 1 indican preferencia y aversión respectivamente por un ambiente determinado. Valores iguales a 0 indican total aversión por el ambiente, mientras que valores iguales a 1 representan indiferencia. Para determinar la  $f_{geop_i}$ , se realizó una superposición de puntos (geoposiciones) y polígonos (comunidades vegetales) a través del programa Qgis 2.14.5 Essen y la herramienta *Unir atributos por localización*. Esto permitió obtener el número de geoposiciones totales por collar y la comunidad vegetal a la que correspondía cada geoposición. Por otra parte, para determinar la  $pa_i$  de cada comunidad, se utilizaron imágenes satelitales Landsat, divididas y digitalizadas de acuerdo a una clasificación supervisada (pixel 30x30 m), obteniendo un ráster de comunidades vegetales preponderantes de cada cuadro de pastoreo (Apéndice - Figura Ap.4.5). Cada ráster fue vectorizado para luego calcular la superficie de cada comunidad mediante la herramienta *Calculadora de campos (función \$área)*.

Las variables climáticas fueron analizadas en los mismos períodos bajo medición con animales equipados con collares GPS en cada cuadro. Se obtuvieron medias diarias de temperatura del aire y velocidad de viento. También se obtuvieron las temperaturas mínimas diarias y la precipitación acumulada diariamente en cada cuadro.

### 4.3 Resultados

La disponibilidad del pastizal (DP) en todos los cuadros fue en general baja (Cuadro 4.2) comparada con los datos históricos (~194 Kg MS/ha - Oliva et al. 2012), posiblemente a causa de una fuerte sequía en los años previos y durante el curso del estudio (Oliva et al. 2018). No se observaron diferencias importantes de DP entre tratamientos ni tampoco entre el período invernal y estival. Sin embargo, la DP cayó abruptamente en el Verano '16 como causa de la prolongada sequía. En cuanto a la fracción verde, se observaron valores mayores en el período estival comparado con el invernal (Cuadro 4.2), pero no hubo fuertes diferencias entre tratamientos. Al observar las comunidades vegetales, la estepa graminosa mostró en general los valores más altos de DP. Sin embargo, hubo dos períodos de excepción donde el matorral de mata verde mostró tener los valores más altos de DP (MRP Invierno y Verano '16). En cuanto a la

comparación de la fracción verde entre comunidades, no se observó una preponderancia general en ningún caso y los valores fueron similares dentro de cada período.

Las temperaturas medias observadas fueron contrastantes entre el período invernal y estival (Apéndice - Figura Ap.4.6A y Ap.4.6B), tal como se esperaba dada la amplitud térmica entre estaciones del año en Patagonia Sur (Kreps et al. 2012). En el período estival, las temperaturas medias diarias se encontraron mayormente entre 10 y 15 °C, mientras que, en el período invernal, el rango de temperaturas medias se encontró entre 0 y 5 °C (Apéndice - Figura Ap.4.6A). Al comparar entre tratamientos, se observaron valores similares en los períodos estivales y diferencias más acentuadas en el período invernal, donde hubo varios días con temperaturas por debajo de 0 °C (Apéndice - Figura Ap.4.6B).

En cuanto a las precipitaciones, se observaron eventos diarios de lluvias bajos (< 2 mm) con excepción del verano '16 que mostró precipitaciones mayores a 3 mm en tres a cuatro días del período bajo estudio (Apéndice - Cuadro Ap.4.7). El período invernal no presentó prácticamente eventos importantes de precipitación, con excepción de los últimos tres días en el cuadro bajo MRP.

**Cuadro 4.2.** Disponibilidad del pastizal y Porcentaje de fracción verde de cada comunidad vegetal para ambos tratamientos (MPC - Manejo de Pastoreo Continuo y MRP - Manejo Rotativo Planificado) y períodos de uso. Entre paréntesis se señala el error estándar de la media.

Trata-miento	Cuadro de pastoreo	Período de uso	Comunidad vegetal	Disponibilidad del pastizal (Kg MS/ha)	Fracción verde (%)
MPC	Las Casas	Invierno	Coironal	93,2 (16,6)	16,9 (2,5)
			Estepa graminosa	146,4 (18,1)	19,5 (2,3)
			Matorral Mata Verde	144,3 (11,8)	22,5 (4,2)
	Verano '15	Coironal	96,7 (7,4)	45,1 (4,4)	
			Estepa graminosa	145,8 (12,4)	55,9 (9,2)
			Matorral Mata Verde	78,8 (13,8)	40,9 (0,9)
	Verano '16	Coironal	72,3 (6,0)	46,0 (1,1)	
			Estepa graminosa	104,1 (21,0)	47,3 (6,5)
			Matorral Mata Verde	54,1 (2,9)	50,3 (0,4)
MRP	Borregas Sur	Invierno	Coironal	128,5 (5,7)	12,6 (0,4)
			Estepa graminosa	92,9 (6,0)	15,7 (2,3)
			Matorral Mata Verde	129,9 (25,4)	13,8 (0,7)
	Capones Sur	Verano '15	Coironal	71,3 (4,5)	43,6 (5,1)
			Estepa graminosa	125,0 (30,3)	44,1 (6,1)
			Matorral Mata Verde	114,2 (31,2)	43,9 (2,1)
	Verano '16	Coironal	44,8 (6,6)	46,5 (1,6)	
			Estepa graminosa	48,8 (8,8)	47,0 (1,8)
			Matorral Mata Verde	84,3 (9,5)	46,4 (3,0)

Las variables de distribución espacial de los ovinos mostraron en general diferencias importantes entre estaciones del año pero no significativas entre tratamientos

(Cuadro 4.3, Apéndice - Cuadro Ap.4.6). Así, las distancias recorridas por los ovinos, la velocidad de desplazamiento y el área explorada mostraron valores mayores en el período estival que en el invernal. Por su parte, el área explorada media diaria relativa (AEMDrel) mostró valores mayores para MRP que MPC en el período estival (Cuadro 4.3) pero sin ser estadísticamente significativos. En el caso de las variables relacionadas a la bebida diaria de los ovinos (frecuencia de visita y tiempo de permanencia en fuentes de agua) no se observaron tendencias claras al comparar estaciones del año (Cuadro 4.3) ni se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice - Cuadro Ap.4.6).

**Cuadro 4.3.** Distancia recorrida media diaria (DRMD), Velocidad de desplazamiento media diaria (VMDM), Área explorada media diaria (AEMD), Área explorada media diaria relativa (AEMDrel), Permanencia media diaria en área de bebida (PMDAB) y Frecuencia de bebida media diaria (FBMD) en los tres períodos de cada tratamiento (MPC - Manejo de Pastoreo Continuo y MRP - Manejo Rotativo Planificado), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. Entre paréntesis se señala el error estándar de la media.

		DRMD (m)	VMDM (m/min)	AEMD (ha)	AEMDrel (%)	PMDAB (min)	FBMD (visitas/día)
MPC	Invierno	8441 (838)	5,8 (0,6)	250,7 (37,3)	5,4 (0,8)	43,3 (20,9)	0,2 (0,01)
	Verano '15	12992 (1309)	10,0 (1,0)	586,9 (91,9)	12,7 (2,0)	6,4 (1,4)	0,8 (0,11)
	Verano '16	10887 (1551)	7,6 (1,1)	626,0 (282,5)	13,5 (6,1)	54,1 (26,1)	0,9 (0,26)
MRP	Invierno	9571 (508)	6,7 (0,3)	299,5 (35,5)	15,6 (1,9)	48,3 (13,8)	0,5 (0,08)
	Verano '15	11244 (597)	8,6 (0,6)	472,6 (76,3)	17,7 (2,9)	35,5 (4,3)	1,1 (0,12)
	Verano '16	10065 (892)	7,3 (0,5)	374,4 (61,0)	14,1 (2,3)	19,1 (6,5)	0,4 (0,04)

La proporción de actividades diarias de los ovinos mostró tendencias poco consistentes al comparar entre estaciones del año (Cuadro 4.4). No obstante, en el período invernal se observaron valores algo mayores de actividad de Descanso y algo menores de actividad de Traslado en comparación al período estival. En cuanto a la comparación de tratamientos, se observaron valores levemente mayores de actividad de Pastoreo bajo MPC comparado con MRP pero sin alcanzar diferencias significativas (Apéndice - Cuadro A.4.6).

**Cuadro 4.4.** Proporción de actividades diarias de los ovinos en los 3 períodos bajo estudio de cada tratamiento (MPC - Manejo de Pastoreo Continuo y MRP - Manejo Rotativo Planificado), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. Entre paréntesis se señala el correspondiente desvío estándar.

		Pastoreo	Descanso	Traslado
MPC	Invierno	42,5 (5,1)	44,4 (1,8)	13,2 (3,7)
	Verano '15	49,9 (5,2)	22,9 (4,6)	27,1 (9,3)
	Verano '16	45,7 (2,7)	36,5 (4,6)	17,8 (6,0)
MRP	Invierno	42,1 (4,2)	42,7 (3,0)	15,2 (1,2)
	Verano '15	41,2 (0,5)	38,7 (4,7)	20,1 (4,6)
	Verano '16	42,5 (2,8)	41,1 (3,2)	16,5 (4,8)

En cuanto a la selectividad de los animales por las diferentes comunidades vegetales se observó una tendencia general de los ovinos de preferencia por la estepa graminosa y aversión o indiferencia por el coironal (Cuadro 4.5). Sin embargo, esta comunidad presentó importantes porcentajes de uso en MPC, donde su superficie es predominante. Por su parte, los sitios de agua temporal son sitios degradados del pastizal por un sobrepastoreo histórico de los ovinos, mostrando una consistente aversión por parte de los animales en todos los períodos de estudio.

Dentro de cada tratamiento, no se encontraron comportamientos congruentes entre estaciones del año ni aún dentro de la misma estación (Cuadro 4.5), lo cual inhabilita la realización de comparaciones entre los tratamientos.

**Cuadro 4.5.** Índice de selección y Porcentaje de uso por parte de los ovinos en ambos tratamientos (MPC - Manejo de Pastoreo Continuo y MRP - Manejo Rotativo Planificado), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz.

		Índice de Selección			Porcentaje de uso (%)		
		Coironal	Estepa graminosa	Matorral de MV <sup>1</sup>	Coironal	Estepa graminosa	Matorral de MV <sup>1</sup>
MPC	Invierno	1,01	1,41	0,81	0,11	77,0	12,6
	Verano '15	0,78	2,65	1,25	0,58	59,4	23,6
	Verano '16	1,01	1,50	0,76	0,08	76,9	13,3
MRP	Invierno	0,81	1,09	1,56	0,24	21,2	62,8
	Verano '15	0,55	1,24	1,62	0,40	18,3	62,1
	Verano '16	0,89	0,98	2,31	0,33	29,7	48,8

<sup>1</sup>MV: Mata verde

#### 4.4 Discusión

La comparación realizada entre un manejo rotativo (MRP) y uno continuo (MPC), no mostró diferencias significativas en los patrones de distribución espacial de ovinos en pastoreo extensivo. No obstante, se observaron diferencias relevantes en estos patrones al comparar entre estaciones del año.

Las distancias recorridas diarias (DRD) por los ovinos alcanzaron valores altos (8 - 13 km/día) comparados con estudios previos en Patagonia (Cesa et al. 2006; Ormaechea y Peri 2015) pero similares a otros trabajos realizados también en regiones semiáridas (Squires et al. 1972; Squires 1974). Esto es lógico considerando que la DRD en ovinos puede variar en función de diferentes factores tales como el estado fisiológico del animal (Squires et al. 1972), la superficie del cuadro (Ormaechea y Peri 2015), la recompensa en cuanto a cantidad y/o calidad de forraje (Dumont et al. 1998) y de la época del año (Cesa et al. 2006; Lalaampa et al. 2016). Sin embargo, dados los resultados del presente estudio no se detectó diferencias en función del manejo del pastoreo. Por otro lado, Lalampa et al. (2016) encontraron diferencias en la DRD en función del manejo del pastoreo, pero lo atribuyeron exclusivamente a los cambios positivos que se habían logrado en el pastizal tras 2 años de Manejo Holístico (MH). En el caso particular de Ea. Los Pozos, los extensos períodos de descanso del MH indujeron inicialmente un aumento de cobertura de pastos cortos palatables en comparación al pastoreo continuo, pero este incremento no se tradujo en un aumento de la oferta forrajera del pastizal natural (Oliva et al. 2016). Luego, a partir de 2012, sobrevino un extenso período de sequía que afectó la disponibilidad del pastizal de todo el predio, reduciéndola a mínimos históricos en el año 2016 (Oliva et al. 2018). Esto puede explicar los altos valores en las distancias caminadas en el presente estudio, significando un gasto energético extra para los ovinos. Sin embargo, McDonald et al. (1979) sugieren que el gasto energético por caminata es poco significativo comparado con la disponibilidad y accesibilidad del forraje. Por ejemplo, 1 km más de caminata diaria significaría 30 Kcal extra de energía neta, lo que representa no más del 3 % del metabolismo de ayuno en un ovino. Por otra parte, la distancia caminada puede ser relevante si el animal se está trasladando para aumentar su tasa de ingestión mediante la búsqueda de un parche con mayor disponibilidad de forraje (Demment et al. 1993 en Benvenutti y Cangiano 2011). Esto es coherente con la caída general que hubo en los indicadores de producción animal bajo ambos manejos, pero en forma más pronunciada sobre el MH (Oliva et al. 2016), lo cual desencadenó la decisión de los propietarios de finalmente abandonar el MH.

La velocidad de desplazamiento media diaria de los ovinos varió entre 5,8 y 10 m/min, mientras que las velocidades observadas entre geoposicionamientos variaron entre 0 y 100 m/min. Estos valores se encuentran en el rango de lo observado por otros autores para distintos sitios semiáridos (Squires et al. 1972; Squires 1974, 1976; Cesa et al. 2006). La velocidad de desplazamiento puede variar a lo largo del día en función de la actividad del animal (pastoreo, descanso o traslado), pero también puede ser incrementada en función de la recompensa que percibe el animal (Squires 1976; Dumont et al. 1998). En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica una escasa influencia del manejo del pastoreo sobre esta variable de distribución espacial. De la misma manera, el área explorada, calculada como

el polígono convexo mínimo (MCP) al 95 % de probabilidad, fue otra variable que no mostró diferencias significativas. Sin embargo, cabe rescatar que la AEMDrel mostró diferencias relevantes entre tratamientos para la época invernal y esto puede haber sido producto de un estado más deteriorado de los pastizales. El MCP es un buen indicador de la actividad diaria de los animales en pastoreo y se encuentra ampliamente aceptado para su uso como estimador del área explorada (Burgman y Fox 2003). Sin embargo, la comparación de valores obtenidos con otros estudios tiene limitaciones dado el sesgo que generan, entre otras cosas, los diferentes tamaños muestrales o la diferente magnitud de los errores de geoposicionamiento (Burgman y Fox 2003).

La frecuencia de bebida diaria observada en los períodos de verano (0,4 a 1 visita por día) fue algo menor a la encontrada en varios estudios desarrollados en sistemas extensivos del sur de Australia durante la misma estación del año (Squires y Wilson 1971; Squires et al. 1972; Squires 1974, 1976). Los ovinos adultos requieren entre 2 a 6 litros de agua por día (Markwick 2007) pero el consumo depende fuertemente de las condiciones climáticas y por ende de la época del año (Luke 1987). En este sentido, la frecuencia de visitas a las aguadas en la época invernal fue menor que en verano, particularmente en el cuadro bajo MPC donde los ovinos visitaron las aguadas 1 vez cada 5 días. Este resultado no es raro considerando que en el mes previo a la entrada de los animales las precipitaciones alcanzaron los 55 mm (boletines meteorológicos SIPAS - mayo y junio de 2015), lo cual posiblemente favoreció la formación de lagunas temporarias con libre acceso para el uso por parte de los animales. El tiempo de permanencia media diaria en área de bebida (PMDAB) tampoco mostró diferencias significativas entre tratamientos, a pesar de tener valores bastante más bajos en el verano de 2015, que en el resto de los períodos estudiados para ambos tratamientos. Este valor en particular (6,4 min/día), no es raro considerando que los ovinos pueden llegar a dedicar escasos minutos diarios a la actividad de bebida (Al-Ramamneh et al. 2012).

Las actividades diarias de los ovinos tampoco mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Los ovinos normalmente dedican una mayor proporción del tiempo a la actividad de pastoreo cuando la disponibilidad de cantidad o calidad de forraje es baja (Stuth 1991, Shinde et al. 1997). Sin embargo, en el presente estudio hubo una escasa diferencia en estas variables del pastizal entre tratamientos lo que puede explicar los resultados obtenidos en el comportamiento animal.

Por otro lado, existen evidencias de diferencias en los patrones espaciales de distribución en pastoreo cuando el tamaño de los cuadros cambia (Hart et al. 1993) o en la actividad de pastoreo bajo diferentes cargas animales (García et al. 2003). El hecho de que esto no se haya observado en el presente ensayo, puede deberse a que la diferencia de tamaño en los cuadros (combinado con las diferentes cargas instantáneas), no haya sido lo suficientemente grande como para detectar cambios de comportamiento. También es posible que los cuadros de menor superficie no hayan sido lo suficientemente pequeños como para impulsar modificaciones en el comportamiento de los ovinos bajo las cargas instantáneas utilizadas. En este sentido, Bailey (2004) señala que, en cuadros de más de 200 hectáreas con variedad de especies forrajeras, la carga instantánea no repercute en la variación espacial de la utilización del pastizal. Por su parte, Brunson y Burrit (2009) advierten que los estudios de investigación que comparan manejos rotativos y continuos,

normalmente utilizan cuadros más pequeños que los usados por la mayoría de los productores, y que esto puede repercutir en los resultados encontrados referentes al uso espacial de los cuadros.

Los estudios que comparan específicamente patrones de distribución animal bajo manejo rotativo y continuo son, en general, escasos, y en particular inexistentes cuando se trata de ovinos en pastoreo extensivo. No obstante, Walker y Heitshmidt (1989) realizaron un estudio donde compararon patrones de distribución bajo manejos rotativo y continuo del ganado bovino. Los autores encontraron diferencias en algunas variables del comportamiento animal pero la diferencia de superficie entre los cuadros de los tratamientos era sensiblemente mayor a los del presente estudio. En el estudio de Walker y Heitshmidt (1989), el cuadro bajo manejo continuo tenía en promedio 12 veces más superficie que el rotativo, mientras que, para el presente ensayo, el cuadro continuo fue solo dos veces más extenso que los rotativos. Sin embargo, lo destacable del estudio citado, es que los autores concluyeron que las adaptaciones de comportamiento de los animales (distancias recorridas y tiempos de pastoreo) a los diferentes manejos, posiblemente resultaron en similares balances energéticos, ya que se compensan el gasto energético por caminata con el de tiempos de pastoreo.

Los índices de selección no permitieron observar diferencias entre tratamientos durante la época estival. Aunque bajo MRP los ovinos mostraron índices más altos de aversión por el coironal y mayores índices de selección por el matorral de mata verde durante la época estival, los resultados dispares de MPC no permitieron establecer contrastes entre tratamientos. Del mismo modo, tampoco pudieron establecerse contrastes entre estaciones del año por la disparidad de resultados. Estos resultados coinciden con Kausrud et al. (2006) quienes evaluaron la selectividad de ovinos en un paisaje alpino del sur de Noruega bajo diferentes escalas de observación. Al analizar la escala de comunidades vegetales, no encontraron diferencias en la selectividad bajo diferentes cargas instantáneas ni bajo diferentes estaciones del año. Por su parte, Bailey y Brown (2011) argumentan que los sistemas rotativos tienen poco o ningún impacto en la selectividad de los animales, y que particularmente en sitios áridos y semiáridos, el incremento de la carga animal instantánea solo aumenta la tasa de defoliación, pero no cambia los patrones subyacentes de selectividad por parte del animal.

Los porcentajes de uso sí mostraron importantes diferencias entre los dos tipos de manejo para las comunidades de Coironal y Estepa graminosa. Sin embargo, esta variable está condicionada directamente por la dominancia de cada comunidad vegetal en los cuadros, por lo que no permite especular sobre cambios de comportamiento en los animales por efecto del manejo.

Los resultados encontrados en el presente estudio, principalmente la falta de diferencias entre manejos, pudieron ser afectados por los efectos combinados de diferentes cargas animales y tamaños de los cuadros, impidiendo un análisis robusto de las diferencias entre tratamientos (Oñatibia y Aguiar 2018). Sin embargo, la comparación de manejos bajo condiciones reales de producción, es un avance respecto de las comparaciones experimentales bajo condiciones controladas, las cuales generalmente introducen elementos (cuadros muy pequeños, animales sin experiencia previa, estrés, etc.) que comprometen la representatividad de los resultados (Brunson y Burrit 2009).

Dadas las diferencias en producción animal que se informan bajo estos manejos luego de varios años (Oliva et al. 2016), es posible que las correspondientes diferencias de comportamiento animal no sean observables bajo la escala utilizada en el presente estudio y en los períodos evaluados; y que tal vez se manifiesten solo a escalas menores donde sea posible distinguir elementos tales como la dieta seleccionada por los animales o en años con condiciones ambientales más favorables que incidan en una disponibilidad del pastizal mayor. En este sentido, Bailey y Brown (2011) señalan que la posibilidad de una mayor selectividad en sistemas continuos comparados con rotativos es determinante para que los animales obtengan una dieta de alta calidad.

No obstante lo anterior, si consideramos los valores absolutos de las variables DRMD, VDMD, AEMD, y principalmente AEMDrel, en la época invernal (Cuadro 4.4), puede apreciarse una tendencia de los animales a mayor actividad o movimiento, posiblemente asociado a la búsqueda de forraje en cantidad y calidad. Esto también queda de manifiesto con una levemente mayor proporción de actividad de traslado observada en invierno para el tratamiento MRP (Cuadro 4.4). En este sentido, aunque bajo MRP no se evidenció un mayor deterioro del pastizal (Oliva et al. 2016), estos autores señalan que los cuadros bajo este manejo poseen suelos más pobres y una menor productividad. Considerando además que se trata de la época invernal, es lógico pensar que la escasa oferta forrajera haya promovido una mayor actividad de búsqueda y traslado por parte de los animales.

## **CAPÍTULO V**

**USO DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES COMO HERRAMIENTA DE  
MANEJO DEL PASTOREO EN GANADERÍA EXTENSIVA**

## 5.1 Introducción

El uso poco uniforme de los pastizales por parte de los herbívoros domésticos es uno de los problemas más comunes en el manejo del pastoreo (Vallentine 2001; Holechek et al. 2010). Si bien la distribución óptima de los animales (alta producción y conservación de la biodiversidad) requiere cierta heterogeneidad en la presión de pastoreo (Cingolani et al. 2008), un incremento de la homogeneidad de uso del espacio es generalmente deseable para los pastizales naturales que poseen ambientes contrastantes o grandes extensiones. Para resolver esto, se han propuesto variadas técnicas como el correcto emplazamiento y número de fuentes de agua por cuadro, adecuado diseño de alambrados, localización estratégica de fuentes de sal, arreos periódicos, quemas o siegas, y control de arbustos (Owens et al. 1991). Sin embargo, la búsqueda de alternativas de manejo que logren un pastoreo más uniforme supone un desafío en los sistemas ganaderos patagónicos determinado por las condiciones climáticas, las extensiones de los cuadros y el relieve o paisaje que dificultan el contacto frecuente con los animales. En este contexto, alternativas de manejo de comprobada efectividad como la subdivisión de cuadros, los arreos periódicos o la provisión de nuevas aguadas son de difícil aplicación dado los costos de inversión y mantenimiento (Tanaka et al. 2007). Por otra parte, es importante considerar que los animales poseen destrezas innatas que les permiten aprender sobre su entorno de alimentación para poder desenvolverse en los hábitats de la manera más eficiente (Launchbaugh y Howery 2005). Según estos autores, el consumo de los alimentos disponibles, por ejemplo, permite formar preferencias o aversiones en base al consumo de la vegetación disponible; lo cual, a su vez, en conjunto con otros estímulos, desarrolla una impresión general del sitio visitado. Por ejemplo, si un ungulado aprende que un suplemento palatable se coloca siempre en un mismo sitio, puede regresar a este si el suplemento causa saciedad o retroalimentación positiva (Launchbaugh y Howery 2005), incluso si el forraje en el área no era inicialmente deseable. En este sentido, el uso de bloques multinutricionales en sitios poco utilizados del paisaje se presenta como una alternativa promisoria para lograr un uso uniforme de los pastizales, ya que poseen un bajo costo relativo y beneficios nutricionales indirectos (Bohnert y Stephenson 2016). Comúnmente en los cuadros de estepa puede haber cierta deficiencia en el contenido de proteína del pastizal en invierno y verano (Anchorena et al. 2001), por lo que un bloque proteico puede significar un atractivo para el animal para suplir esa deficiencia. El uso de elementos atractivos ha sido probado en varias experiencias con bovinos en que se logró modificar beneficiosamente la distribución de los animales (Bailey y Welling 1999; Bailey et al. 2001; Bailey et al. 2008a,b; George et al. 2008), con logros parciales (Ganskopp 2001; Goulart et al. 2008) o situaciones en que la efectividad dependió del tipo de elemento atractivo (Bailey y Welling 2007; Bailey y Jensen 2008).

Al igual que a finales del siglo pasado, la alimentación de los ovinos en los sistemas ganaderos patagónicos sigue dependiendo en la actualidad casi exclusivamente del pastizal natural (Cibils y Borrelli 2005). Es por ello, que el uso eficiente del recurso pastoril es de importancia crítica principalmente en ecosistemas de la estepa patagónica donde la receptividad anual del pastizal es muy baja, pudiendo llegar a ser menor a 0,2 ovinos por hectárea (Borrelli et al. 1997). La amplia extensión de los cuadros y su heterogeneidad ambiental propician naturalmente un mayor uso por parte del ganado de

los ambientes más productivos y con mayor calidad forrajera (Cingolani et al. 2008). Esto determina la existencia de un pastoreo heterogéneo sobre cuadros extensos con importantes pérdidas asociadas al desaprovechamiento del recurso y la acumulación de material senescente en algunos sectores y el sobrepastoreo y la degradación del ambiente en otros (Golluscio et al. 1998). Esta situación se agrava cuando los ajustes de carga, basados en evaluaciones de pastizales, presuponen un uso homogéneo de toda la superficie del cuadro (Borrelli 2001a).

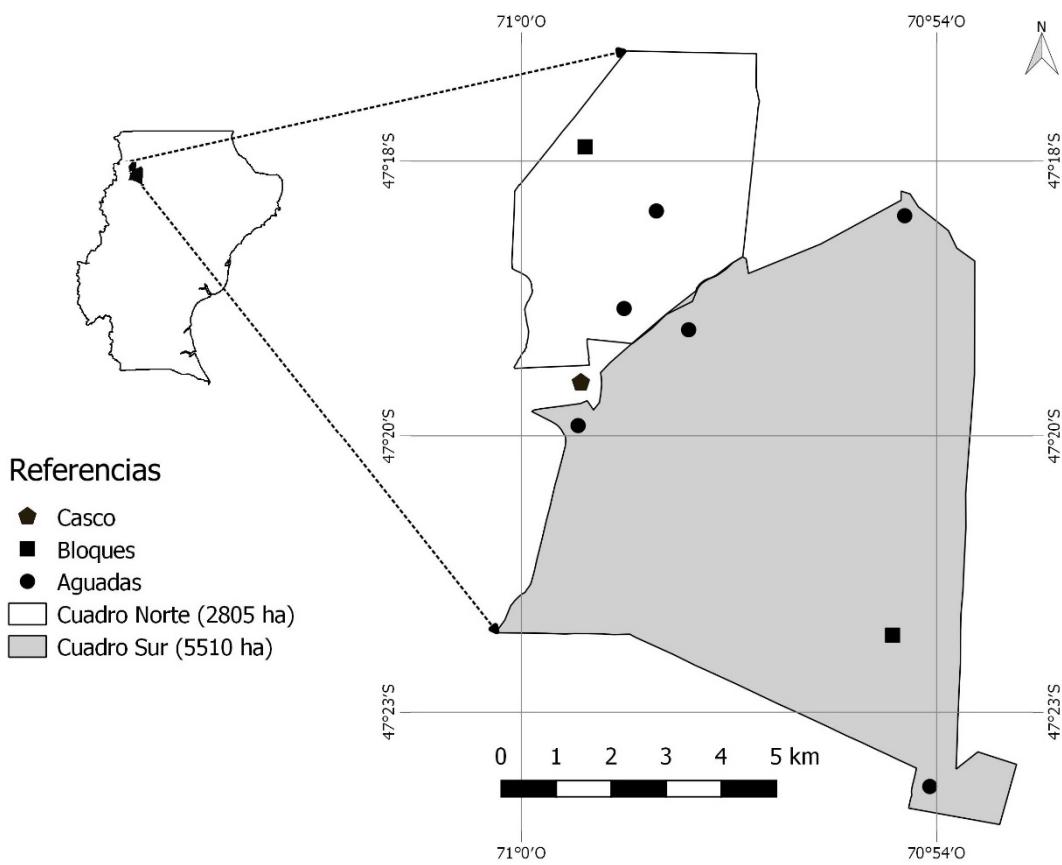
En Patagonia no existen ensayos experimentales sobre el uso de bloques multinutricionales como elemento atractivo, ni tampoco se conoce el nivel de aplicación de esta tecnología en condiciones productivas. Es por ello, que el objetivo del presente trabajo fue evaluar patrones de distribución espacial de ovinos en función de situar estratégicamente bloques atractivos en un sistema ganadero extensivo de Santa Cruz (Objetivo específico n°4). En este sentido, se espera que haya un uso más homogéneo de los cuadros con el empleo de bloques debido al uso adicional de los ovinos de sitios poco visitados en ausencia de los bloques.

## 5.2 Materiales y métodos

### 5.2.1 Área de estudio

El ensayo se llevó a cabo en Estancia El Milagro ( $47^{\circ} 20' S$ ,  $70^{\circ} 57' O$ ), ubicada al noroeste de la provincia de Santa Cruz, Argentina (Figura 5.1) dentro del área ecológica Meseta Central. El establecimiento se encuentra comprendido dentro de la subunidad de vegetación denominada *Erial* y descripta por León et al. (1998) como una estepa arbustiva de muy escasa cobertura (menor al 50%) extremadamente xérica con arbustos en cojín y escasas gramíneas. La precipitación media anual es de 171 mm con una distribución relativamente homogénea a lo largo del año, concentrándose levemente en otoño. La temperatura media es de  $14,6^{\circ}C$  en enero y de  $1,2^{\circ}C$  en julio (Kreps et al. 2012). Los suelos son Natrargides haploxerálficos en planicies conglomerádicas onduladas disectadas por cursos de agua permanentes y temporarios (del Valle et al. 2002).

La superficie de la estancia es de 17.860 ha y cuenta con 3 cuadros que fueron manejados durante los últimos 110 años bajo ganadería extensiva. Cada uno dispone de al menos dos fuentes de agua para los animales provistas por ríos o molinos. El establecimiento se dedica a la cría de ovinos de raza Corriedale cruza con MPM (Merino multipropósito) para lana y carne.



**Figura 5.1.** Localización de cuadros de estudio, posición de aguadas y sitio estratégico para bloques. Estancia El Milagro, provincia de Santa Cruz, Argentina.

### 5.2.2 Ensayo experimental

Se evaluaron dos tratamientos (con y sin uso de bloques) durante dos años (2015 y 2016) y en dos cuadros de la estancia (Figura 5.1 y Cuadro 5.1). Los tratamientos se aplicaron consecutivamente, empezando por el tratamiento control en ambos cuadros durante el mes de septiembre. Luego de 30 días, se retiraron los animales de ambos cuadros y se colocaron 50 bloques multinutricionales (composición y parámetros de calidad en apéndice - Cuadros A.5.2 y A.5.3) en un sitio estratégico para cada cuadro. A posteriori, volvieron a ingresar los animales a ambos cuadros para ejecutar el tratamiento con bloques durante el mes de octubre. Todo esto se repitió al año siguiente.

**Cuadro 5.1.** Esquema del diseño experimental. Se describe el orden de los tratamientos (T.) para ambos cuadros (Norte y Sur) en ambos años bajo estudio.

	Cuadro Norte	Cuadro Sur
<b>Septiembre 2015</b>	T. sin bloques	T. sin bloques
<b>Octubre 2015</b>	T. con bloques	T. con bloques
<b>Septiembre 2016</b>	T. sin bloques	T. sin bloques
<b>Octubre 2016</b>	T. con bloques	T. con bloques

La definición de estos sitios estratégicos se basó en: (i) la experiencia del productor determinando las áreas poco frecuentadas por los animales, (ii) la accesibilidad para el ganado y el transporte de los bloques, (iii) una distancia mayor a 2000 m de cualquier fuente de agua o superficie de mallín, y (iv) una disponibilidad del pastizal similar a la

media del cuadro. Los bloques fueron colocados en un área de 50x50 m, dentro de la cual se dispusieron en grupos de 10 bloques distanciados entre sí a más de 20 metros, buscando garantizar la accesibilidad de todos los animales (Foto 5.1).

Se aplicó primero el tratamiento control buscando que no genere la habituación de los animales a la selección de un sitio por recordar la presencia de un bloque. La carga animal fue  $0,18 \pm 0,01$  y  $0,16 \pm 0,04$  EOP/ha para el Cuadro Sur y Norte, respectivamente. Se usaron capones (machos castrados) raza Corriedale cruda con MPM de 2 a 6 años de edad, con un peso promedio de 38,3 kg y con conocimiento previo particularmente de esos cuadros. En el caso de los tratamientos con bloques, se llevaron los animales hasta el suplemento para que los reconozcan como parte del manejo que se busca poner a prueba. Al inicio de cada tratamiento (septiembre) se colocaron collares GPS a 5 capones elegidos al azar sobre la majada asignada a cada cuadro y de diferentes edades para captar cualquier variabilidad asociada a esa variable. Los collares fueron configurados para medir locaciones a intervalos de 5 minutos. Se utilizó la misma tecnología de collares GPS que en el capítulo 3.



Foto 5.1. Capones con collares GPS, grupo de bloques multinutricionales y pastizales típicos de Ea. El Milagro, Santa Cruz.

Luego de finalizado el ensayo se pesaron los bloques restantes (enteros y desgranados) para estimar el consumo diario por animal en base al número de animales y el tiempo con bloques disponibles.

Los bloques multinutricionales fueron elaborados bajo el asesoramiento del Dr. Aníbal Fernández Mayer, investigador perteneciente a INTA Bordenave. Su composición

(Apéndice - Cuadro Ap.5.3) tuvo en cuenta el objetivo de optimizar la operatividad de la fabricación y obtener un producto de alta calidad nutricional y capacidad de atracción para el ovino. Se fabricó un total de 750 kg de suplemento nutricional por año, fraccionado en 100 bloques de 7,5 kg. Los parámetros de calidad (Apéndice - Cuadro Ap.5.4) se obtuvieron en base a 3 muestras compuestas al azar de los bloques, remitidas al Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional del Sur.

En cada cuadro se realizó una evaluación de pastizales previo al ingreso de los animales con el objetivo de poder estimar la disponibilidad del pastizal. Para dichas evaluaciones se utilizó el método *Santa Cruz* (Borrelli y Oliva 2001b). Los muestreos se estratificaron por comunidad vegetal o tipo fisonómico en cada cuadro. En cada comunidad se establecieron 3 estaciones de muestreo donde se realizaron 3 cortes de 0,2 m<sup>2</sup>. En dichas estaciones además se realizó un relevamiento de la vegetación mediante transectas de cobertura de suelo e identificación de las principales especies vegetales.

### 5.2.3 Análisis de los datos

En base a la información de las localizaciones de los ovinos se calculó la frecuencia de visitas al sitio estratégico bajo el tratamiento con bloques. Para ello, se definió un área focal de hasta 50 m del centro de ubicación de los bloques (George et al. 2008), dentro de la cual se consideró que el animal visitaba los bloques si había al menos una localización GPS. Cabe destacar que dicha área equivale al 0,03±0,01 % del área total de los cuadros bajo estudio.

Con el fin de determinar si el uso de bloques nutricionales permitió obtener un pastoreo más homogéneo dentro del paisaje del cuadro, se utilizaron los datos GPS para estimar el área de uso (i.e., *Home range*) diaria de todos los animales monitoreados en cada tratamiento. A partir de esta área de uso diaria se extrajo el contorno del 95 %, el cual indica el área total que fue utilizada por todos los individuos de un mismo tratamiento, año y cuadro cada día. Posteriormente, se calculó la proporción entre el área usada por los individuos y la superficie total del cuadro. Proporciones altas indicarían un uso más homogéneo del espacio por parte de los animales, mientras que valores de proporciones bajos indicarían un uso más heterogéneo. Se utilizó la técnica de construcción del polígono mínimo convexo (MCP, por sus siglas en inglés; Southwood 1966) para estimar el área de uso diario, para cada año de muestreo (2015 y 2016) en cada cuadro considerado (Cuadro Norte y Cuadro Sur), y para cada tratamiento aplicado (Manejo tradicional y Manejo con bloques). El MCP diario y el contorno del 95 % fueron estimados utilizando la función *mcp* del paquete de R *adehabitatHR* (Calenge 2006). Todo el procesado de los datos y su posterior análisis fue llevado a cabo usando el software R (R Core Team).

Para evaluar si la proporción de área utilizada por el ganado ovino diariamente era diferente entre el manejo tradicional y el uso de bloques multinutricionales incorporando la posible variabilidad entre años, se ajustó un modelo lineal generalizado jerárquico usando el paquete de R *glmmADMB* (Fournier et al. 2012; Skaug et al. 2016), asumiendo una distribución Beta (con función de enlace *logit*). La variable respuesta del modelo fue la proporción del área total del cuadro que fue utilizada por el ganado cada día. Las dos variables predictoras fueron el tipo de manejo utilizado (tradicional vs. bloques) y el

cuadro. Adicionalmente, se incluyó el número de días de datos para cada tratamiento en cada año como predictor estructural (i.e., *offset*), ya que el experimento no era perfectamente balanceado. La distribución Beta es adecuada para modelar datos donde la variable respuesta es una proporción (e.g., Bolker 2008). La jerarquía dentro del modelo ajustado fue a nivel de año ya que se cuenta con múltiples observaciones diarias que corresponden a un mismo año. Se modeló la dependencia temporal diaria de las observaciones y se evaluó la auto-correlación temporal estimando una función de auto-correlación.

### **5.3 Resultados**

#### **5.3.1 Consumo de bloques**

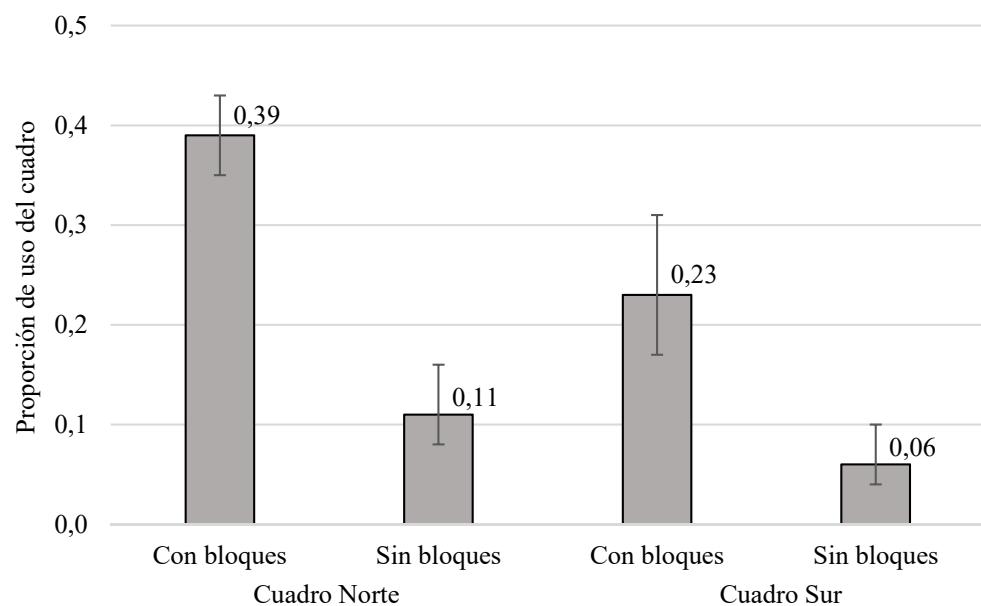
El consumo de los bloques fue variable entre años y entre cuadros con un promedio de  $1,11 \pm 1,15$  kg/EOP (Apéndice - Cuadro Ap.5.5). Durante 30 días de evaluación, el consumo diario alcanzó los  $37 \pm 38$  g/animal·día. La disponibilidad de forraje varió entre sitios de 0,1 kg MS/ha (sitios con más de 80% de suelo desnudo) a  $35 \pm 16,3$  kg MS/ha, con escasa variación entre años. El 62 % de las ovejas con collar visitaron el área de hasta 50 m del centro de ubicación de los bloques. Las visitas sucedieron un  $8 \pm 3$  % de los días evaluados, es decir, una vez cada 13 días; y permanecieron allí por  $17 \pm 4$  min/d (Apéndice - Cuadro Ap.5.5).

#### **5.3.2 Comparación en la homogeneidad de uso entre tratamientos**

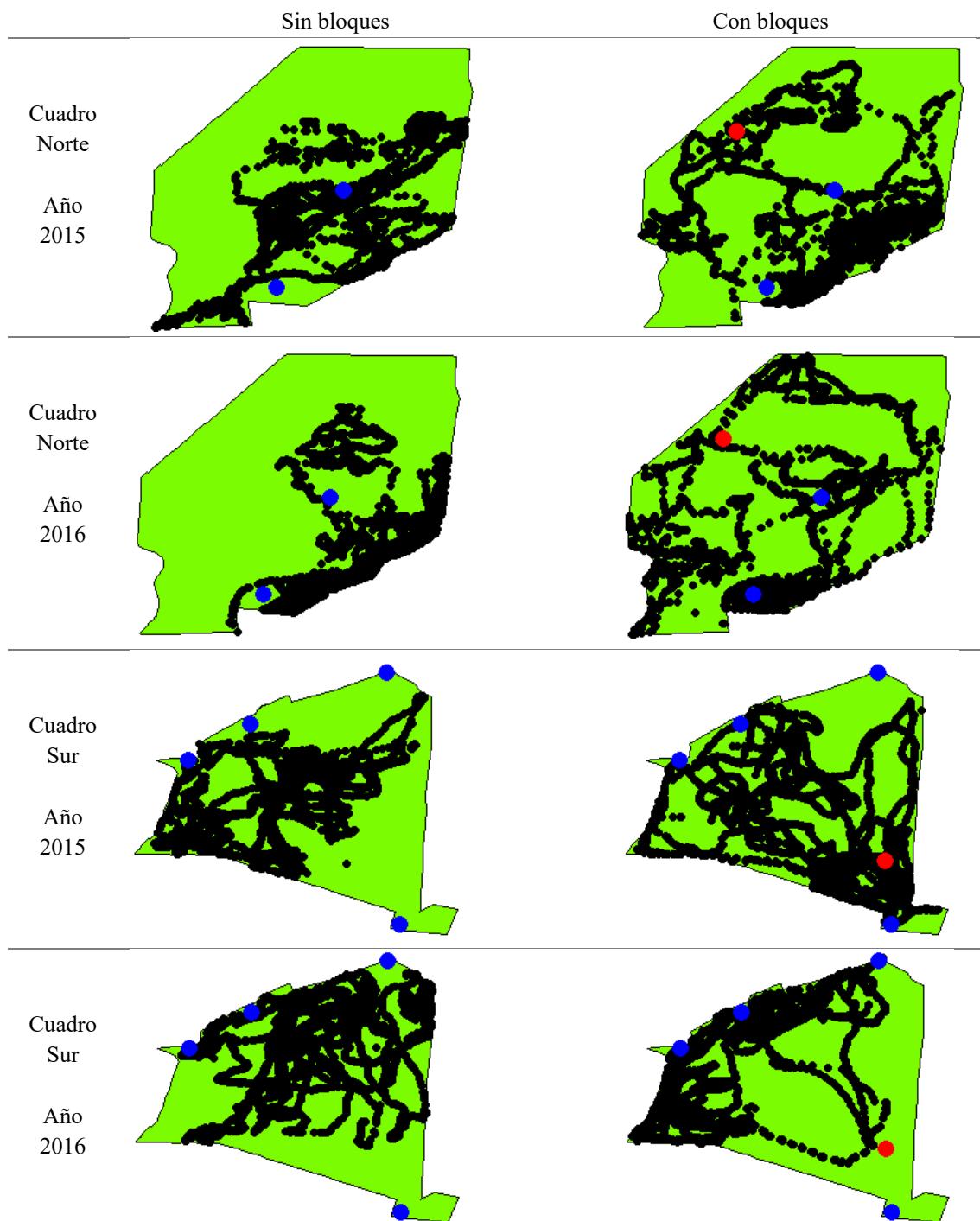
Los resultados muestran que la aplicación de bloques multinutricionales generó un aumento significativo en la proporción diaria del área utilizada por el ganado ovino (área de uso) en comparación al manejo tradicional en ambos cuadros (Cuadro 5.2 y Figuras 5.2 y 5.3). La proporción de área de uso con respecto al área total del cuadro resultó diferente en ambos cuadros utilizados, siendo siempre mayor en “Cuadro Norte” (CN) sin variabilidad entre años (la variabilidad estimada entre años fue del 0,008). En “Cuadro Norte”, la proporción de área utilizada diariamente por los ovinos con la presencia de bloque nutricional fue de 39 % mientras que el manejo tradicional mostró una proporción de uso diario de aproximadamente el 11 % (Figura 5.2). En “Cuadro Sur”, la proporción de uso diario bajo tratamiento de bloque fue del 23 % mientras que bajo tratamiento tradicional fue del 6 % (Figura 5.2). Esto indicaría que la proporción de área utilizada en ambos cuadros resultó casi 3 veces mayor cuando se utilizó los bloques en comparación al manejo tradicional.

**Cuadro 5.2.** Valores estimados por el modelo en escala *logit* que evalúa la proporción de área utilizada por el ganado bajo manejo tradicional y bajo el uso de bloques multinutricionales. El intercepto ( $\beta_0$ ) representa la proporción de uso en el cuadro Norte (CN) durante el tratamiento de bloque, mientras que el coeficiente  $\beta_1$  representa el tratamiento de manejo tradicional. El parámetro  $\beta_2$  indica el efecto de la proporción de área utilizada por los animales en el día previo y permite modelar la auto-correlación temporal en los datos, aunque su interpretación no es de interés para el análisis, incluir dicha variable mejora considerablemente el ajuste del modelo. El parámetro  $\beta_3$  representa al cuadro Sur (CS). La tabla muestra los valores estimados para la media de los parámetros, el error estándar, el intervalo de confianza del 95 % (con sus límites inferior y superior) y el valor  $p$  asociado a la significancia de cada parámetro. Los valores  $p$  en negrita e itálica indican significancia estadística (i.e., valores  $p$  menores a 0,05).

Parámetros	Estimado	Error estándar	Valor Z	Valor $p$
$\beta_0$ (CN, bloque)	-0,44	0,09	-4,93	<0,0005
$\beta_1$ (tradicional)	-1,59	0,11	-14,14	<0,0005
$\beta_2$ (Observación Previa)	1,07	0,05	21,70	<0,0005
$\beta_3$ (CS)	-0,76	0,11	-6,87	<0,0005



**Figura 5.2.** Valores estimados puntuales de la proporción de uso del cuadro por el ganado ovino. Los valores son resultado del modelo ajustado luego de aplicar la inversa de la función *logit*. Las barras representan el intervalo de confianza del 95 %.



**Figura 5.3.** Geolocalizaciones correspondientes a 5 ovinos durante una semana, bajo los diferentes tratamientos (Con bloques - Sin bloques), cuadros (Norte - Sur) y años de estudio (2015 - 2016). Los puntos azules corresponden a las aguadas y los puntos rojos son el sitio de colocación de los bloques multinutricionales.

#### 5.4 Discusión

El presente estudio puso a prueba una alternativa de manejo del pastoreo basada en el uso estratégico de elementos atractivos en sitios subutilizados del paisaje dentro de los cuadros. Los resultados permitieron verificar que esta técnica modifica los patrones normales de distribución de los ovinos con un uso diario más homogéneo de la superficie

de los cuadros al instalar los bloques multinutricionales en los sitios estratégicos. El uso más homogéneo fue resultado de una ampliación del área de campeo diario (254 % más en Cuadro Norte y 283 % más en Cuadro Sur) producto de la exploración adicional de los sitios donde se colocaron los bloques (Figura 5.3). La capacidad atractiva de los bloques en conjunto con el arreo inicial de reconocimiento, fue un efecto esperado y coincidente con lo informado en otros estudios con rumiantes domésticos (Porath et al. 2002; Bailey et al. 2008a,b; George et al. 2008). La efectividad del uso de atractivos también se ha corroborado en estudios con vacunos donde el objetivo fue el uso específico del sitio de colocación de los bloques (“target cattle grazing”) (Bruegger et al. 2016; Stephenson et al. 2016). Sin embargo, en el presente estudio se resaltan dos aspectos novedosos: el uso de bloques con ovinos domésticos (*Ovis aries*) y la ampliación del área de uso (i.e., *Home range*). A excepción de los trabajos de Lawrence y Wood-Gush (1988ab), la literatura internacional ha focalizado el estudio de patrones de distribución espacial y bloques atractivos casi exclusivamente sobre bovinos. Es posible que esto sea en función de la importancia económica y la gran participación de esta especie en los sistemas ganaderos de todo el mundo (1,47 billones de cabezas - FAOSTAT, 2016), y particularmente de Brasil y Estados Unidos. Sin embargo, la producción ovina cuenta con 1,17 billones de cabezas que mayormente se sostienen en base a sistemas pastoriles extensivos en los cinco continentes, donde el conocimiento de técnicas de manejo que eviten el deterioro de los pastizales se vuelve un aspecto crítico para su uso sustentable (Suttie et al. 2005; FAOSTAT 2016). En este sentido, aunque existen varios estudios que analizan la distribución espacial de las diferentes razas y subespecies ovinas (Hunter 1964; Grubb y Jewell 1974; Arnold et al. 1981; Clapp y Beck 2015), el presente trabajo aporta evidencia empírica sobre el uso de bloques multinutricionales y sus implicancias en los hábitos de distribución de la especie a escala de paisaje y a nivel de cuadro ganadero extensivo (~2500-5500 ha).

El área de uso de mamíferos terrestres es determinada fuertemente por sus necesidades energéticas, por lo que el tamaño corporal y la distribución de los recursos alimenticios tienen especial incidencia (McNab 1963; Lindstedt et al. 1986; Jetz et al. 2004). Sin embargo, en el presente estudio toma relevancia la variación temporal del área de uso, dada por el agregado de un recurso atractivo alimenticio. En este sentido, es común en muchos mamíferos que el área de uso disminuya a medida que la disponibilidad de alimento se incrementa (Schoener 1981; Ford 1983; Mace et al. 1983). Esto contrasta con lo encontrado en el presente estudio ya que el área de uso se incrementó con la aplicación de bloques multinutricionales. Es posible que el alto contenido de proteína del suplemento (43,6 %), haya estimulado el consumo de los ovinos (Kawas 2008, Giraudo 2011), resultando en un incentivo para la exploración en búsqueda de alimentos fibrosos, más aun considerando la escasa disponibilidad de forraje en los cuadros bajo estudio (0,1 - 35 kg MS/ha). Por otra parte, la frecuencia y tiempo de visitas a los bloques mostraron valores relativamente bajos (frecuencia: una vez cada 13 días; tiempo: 17±4 min/d) al compararlo con Bailey y Jensen (2008). Estos autores probaron el uso de bloques deshidratados como atractivos y encontraron que los vacunos visitaron el suplemento una vez cada 2,5 días con un promedio de 57 min/d. Sin embargo, los consumos observados en el presente estudio (37 g/d) se encuentran en el rango de lo observado para ovinos

(Bowman y Sowell 1997) lo cual garantiza la visita efectiva de los animales a los bloques. En este sentido, Bowman y Sowell (1997) señalan que, en ovinos bajo suplementación, es común observar un alto porcentaje de animales que no consumen el alimento, los cuales pueden haber estado representados en parte por los ovinos con collar GPS en este estudio. Es posible que la baja frecuencia de visitas o el bajo porcentaje de ovinos consumiendo los bloques sea debido a la dominancia de algunos animales que, a pesar de ello, al buscar y consumir el suplemento condicionan la distribución espacial del resto de la majada propiciando el uso del pastizal adyacente (Ducker et al. 1981, Lawrence y Wood-Gush 1988a,b).

Los resultados encontrados poseen importantes implicancias prácticas ya que el uso de bloques multinutricionales permitiría combinar estrategias de suplementación con el uso sustentable del recurso pastoril. En este sentido, el pastoreo uniforme del pastizal, a cargas moderadas, evitaría el aumento de la degradación de los sitios más preferidos (Golluscio et al. 1998), permitiría un aumento en la productividad (Oñatibia y Aguiar 2016; Herrero-Jáuregui y Oesterheld 2018) y un mantenimiento o mejora de la salud del pastizal (Bailey y Brown 2011).

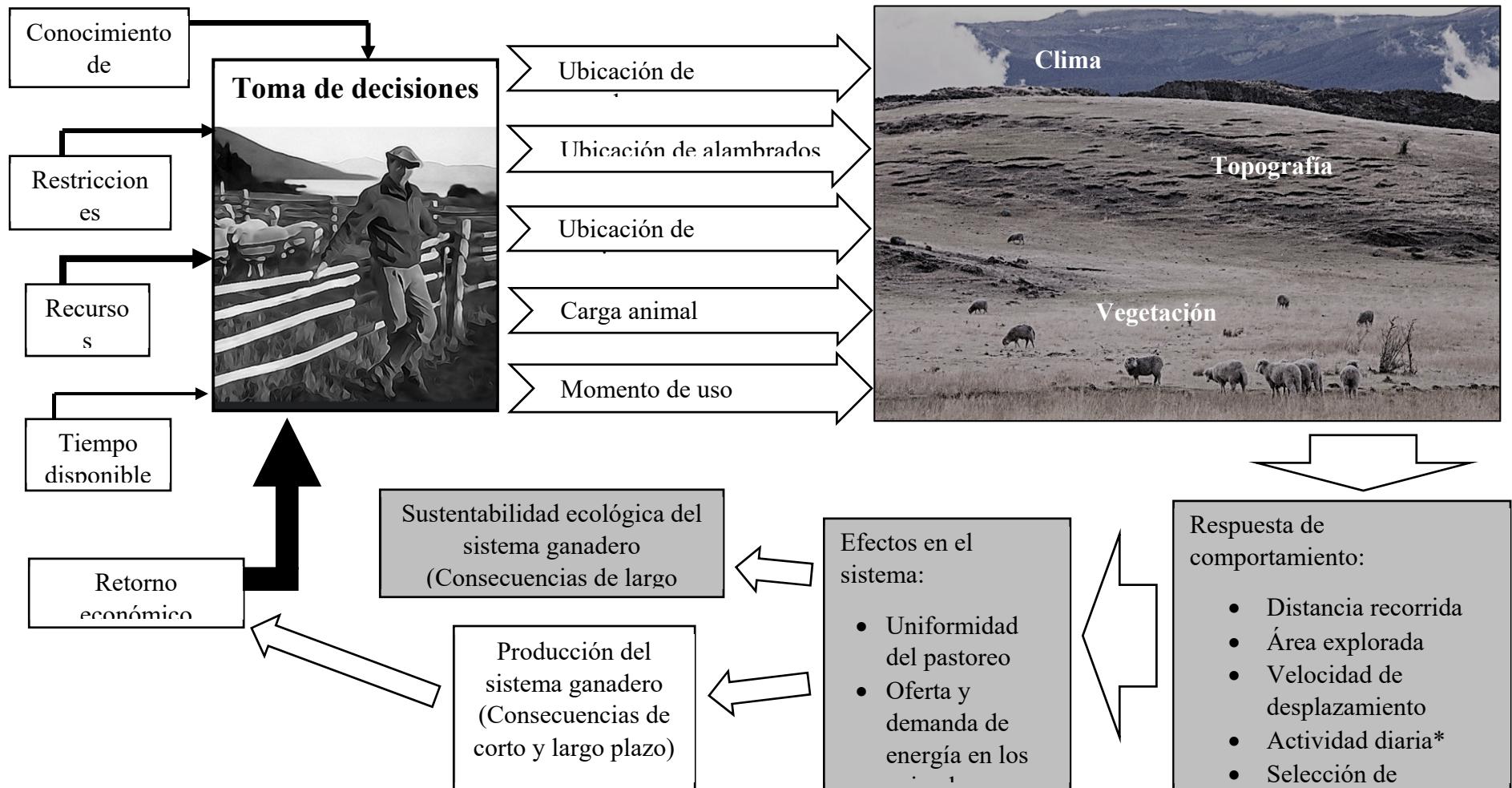
Considerando la aplicación de esta tecnología, se presenta como importante en un futuro, estudios que verifiquen su efectividad en la recuperación de los pastizales y en el mantenimiento de la performance animal. Asimismo, será importante conocer si es necesario un mayor número de puntos de atracción en cada cuadro o un mayor período de aplicación de la tecnología a lo largo de la temporada a fin de alcanzar los mejores resultados. Finalmente, dado que el presente trabajo se realizó sobre un pastoreo de tipo continuo, considero necesario evaluar en el futuro el uso de bloques acompañado de pastoreos rotativos, los cuales podrían potenciar el efecto de los bloques sobre la homogeneidad del pastoreo.

## **CAPÍTULO VI**

### **DISCUSIÓN GENERAL**

## **6.1 Percepción del pastoreo heterogéneo por parte de los productores ganaderos extensivos de Santa Cruz**

La ubicación de los alambrados principales en los cuadros de pastoreo de sistemas extensivos, fue determinada por los primeros ganaderos que poblaron la Patagonia. Sin embargo, el diseño actual de los cuadros podría ser mejorado con la aplicación de estrategias alternativas que promuevan un pastoreo más uniforme de la vegetación. En el capítulo 2, se observó que gran parte de los productores ganaderos extensivos de Santa Cruz (75 %) detectan la problemática del pastoreo heterogéneo. Sin embargo, realizan una escasa aplicación de tecnologías para remediar el pastoreo heterogéneo, que al no ser aplicadas en forma integrada, impide un tratamiento más efectivo de la problemática (Bailey 2004; Hunt et al. 2007; Barnes et al. 2008). Por ejemplo, Bailey (2004) señala que el uso de repuntes del ganado a sitios subutilizados del pastizal es más efectivo si se realiza en forma conjunta con la colocación estratégica del suplemento que cuando es aplicado en forma aislada. Consultados sobre las limitantes que poseen para la aplicación de tecnologías, los productores aducen principalmente altos costos (57,5 %), falta de recurso humano capacitado (19,2 %), restricciones operativas (11,5 %), desconocimiento de alternativas tecnológicas (11,5 %) y falta de tiempo (7,7 %). Por ello, y a partir de lo relevado en el capítulo 2, las causas de una escasa aplicación de tecnologías podrían estar fuertemente asociadas a las prioridades en la toma de decisiones sobre el uso de recursos limitantes como los márgenes económicos. Pero además del aspecto económico, los productores deben decidir sobre una mayor inversión de tiempo que requiere un manejo más intensivo del sistema productivo que posiblemente se complejizará como resultado de la aplicación de estas tecnologías (e.g., subdivisión de cuadros, uso de bloques atractivos, combinación de categorías animales, repuntes periódicos). No obstante, también es muy posible que la falta de un conocimiento real de la problemática tenga un rol preponderante en la escasa aplicación de tecnologías. Así como la mayoría de los productores no conciben que la desertificación sea producto del manejo histórico de los campos (Andrade 2002, 2003), es muy posible que no detecten la real importancia de propender a un pastoreo más uniforme de los pastizales (Figura 6.1). Esto implica la necesidad de revisar el sistema de transferencia tecnológica en Patagonia Sur, lo cual ya ha sido reconocido por varios autores (Quargnolo et al. 2007; Andrade 2009; Sturzenbaum 2012). En este contexto, es necesario considerar estrategias de difusión de la tecnología entre los productores buscando concientizar sobre la importancia del pastoreo heterogéneo y sus efectos de largo plazo sobre la sustentabilidad del sistema. En este sentido, los trabajos que se realicen de difusión, no solo deben contemplar el detalle de la tecnología que se pretende transferir sino también la necesidad de integrarla con otras tecnologías de remediación del pastoreo heterogéneo para un mejor tratamiento del problema (capítulo 2). Asimismo, es necesario contemplar que existen restricciones para lograr una uniformidad del uso de los cuadros a todas las escalas (Hunt et al. 2007). En este sentido, estos autores señalan la necesidad de contar con diferentes tecnologías para abarcar la heterogeneidad del pastoreo en las múltiples escalas. Tomando como ejemplo lo observado en el establecimiento El Milagro (capítulo 5), es posible que la mayor uniformidad en el uso del paisaje no haya tenido un resultado equivalente en el uso de los parches dentro del cuadro o en la intensidad de ramoneo de cada planta.



**Figura 6.1.** Relación entre los elementos y factores del sistema productivo bajo estudio. El grosor de las líneas sólidas hace referencia al nivel de incidencia del factor sobre la toma de decisiones. Las cajas grises corresponden a elementos poco visibles o detectables para el productor ganadero extensivo. \*Actividad diaria refiere al tiempo dedicado al pastoreo, descanso o traslado por parte de los ovinos.

Cabe señalar también, que es posible que la sola difusión y/o transferencia no alcance y que resulte estratégicamente imprescindible la participación del Estado, mediante el diseño e implementación de políticas que provean instrumentos idóneos para incentivar, promover, apoyar y monitorear de manera eficaz la adopción de tecnología.

## **6.2 Patrones de distribución espacial de ovinos en sistemas ganaderos extensivos**

La motivación de estudiar el comportamiento de ovinos en pastoreo surge a partir de la necesidad de detectar estrategias que permitan un manejo eficiente del sistema ganadero extensivo. En ese contexto, el diseño de los cuadros de pastoreo, considerado como la cantidad y disposición de aguadas, la accesibilidad para el manejo de las majadas y la ubicación de los alambrados, aparecen como aspectos poco abarcados en la investigación científica y desatendidos por el sector productivo de Patagonia Sur (Golluscio et al. 1998; Cibils y Coughenour 2001). Las particularidades del diseño, en conjunto con la fisonomía del paisaje, las condiciones climáticas y la carga animal, definen el entorno donde se expresan los hábitos de pastoreo de los ovinos (Figura 6.1). Por ello, su estudio, integrado a la percepción del productor agropecuario (capítulo 2), es fundamental para comprender el funcionamiento del sistema de producción extensivo y elaborar nuevas propuestas de manejo (Figura 6.1).

Un diseño inapropiado o un mal manejo de los animales tienen efectos perjudiciales sobre el pastizal natural. Particularmente el uso heterogéneo del pastizal resulta en áreas sobrepastoreadas y/o subpastoreadas (Lange 1985). Este efecto sobre el sistema limita la producción animal y la sustentabilidad ecológica en el largo plazo (Stafford Smith 1988; Brizuela et al. 2011). En este contexto, se presentó como importante reconocer, mediante un modelo predictivo, los patrones generales de distribución espacial de los ovinos bajo las condiciones de Patagonia Sur (capítulo 3). Para ello, fue necesario abarcar diferentes establecimientos que representaran la variabilidad interna del sector productivo ovino de la zona pero que tuvieran en común un manejo extensivo en cuadros de gran superficie y utilizaran la misma raza y categoría ovina.

El estudio reveló que aspectos forrajeros, geomorfológicos y antrópicos son relevantes en la distribución espacial de los animales. Sin embargo, la forma en que condicionan la selección de sitios depende exclusivamente de interacciones específicas entre las variables estudiadas. Considerando el modelo desarrollado, se puede predecir, por ejemplo, que los sitios donde más concentración de ovinos puede esperarse son aquellos de mayor altitud relativa del terreno, mayor disponibilidad de forraje y lejanos a los límites de los cuadros. Pero, cuando las condiciones de disponibilidad forrajera o distancia a los alambrados cambian, el comportamiento de los ovinos en respuesta a la altitud del terreno también cambia. Por ende, en estos sistemas extensivos, no es posible establecer generalizaciones sobre el impacto de la altitud del terreno, la disponibilidad forrajera, la distancia a los alambres o la exposición del terreno en forma individualizada. No obstante, la información obtenida en el presente estudio es de alto valor, ya que, mediante el modelo desarrollado, se podría prever para un cuadro de pastoreo dado, potenciales sitios de sobrepastoreo o subutilización del pastizal. El uso conjunto de las características de un cuadro con la información provista por el modelo permitiría mejorar los criterios de diseño de alambrados obteniendo un uso más homogéneo del recurso

pastoril. En este sentido, es importante aclarar que las predicciones del modelo están acotadas a las condiciones sobre las que se desarrolló el mismo, y por ende no pueden extrapolarse a otras zonas o rangos de las variables no abarcados en este estudio (Stafford Smith 1988).

### **6.3 Efecto del manejo sobre los patrones de distribución de ovinos en sistemas extensivos**

La continua caída en la receptividad de los campos patagónicos ha llevado a la búsqueda de alternativas de manejo que promuevan la regeneración del pastizal y el aumento o al menos la estabilización de la producción forrajera y ganadera. En este contexto, el Manejo Holístico (aquí Manejo Rotativo Planificado - Capítulo 4), ha sido presentado como una alternativa de manejo que asegura promover la recuperación de los pastizales y por ello requiere ser analizada con rigor científico para realizar recomendaciones al sector productivo. En este sentido, se consideró posible que el Manejo Holístico condicione los patrones de movimiento de los ovinos provocando, entre otras cosas, diferencias en el gasto energético (Walker y Heitschmidt 1989). Los resultados encontrados en esta tesis mostraron que el Manejo Holístico no genera diferencias significativas en los patrones de distribución espacial de ovinos en pastoreo extensivo, al menos a la escala temporal y espacial utilizada (escalas diaria y de comunidad vegetal). Dadas las diferencias en producción animal que se informan bajo estos manejos luego de varios años (Oliva et al. 2016), es posible que las correspondientes diferencias de comportamiento animal no sean observables bajo la escala utilizada en el presente estudio y en los períodos evaluados; y que tal vez se manifiesten solo a escalas de mayor detalle donde sea posible distinguir elementos tales como la dieta seleccionada por los animales o en años con condiciones ambientales más favorables que incidan en una disponibilidad del pastizal mayor. En este sentido, cabe destacar la sequía imperante en los años previos y durante el curso del estudio, la cual determinó una caída pronunciada en la disponibilidad del pastizal reduciéndola a mínimos históricos en el año 2016 (Oliva et al. 2018). Es posible que estas condiciones repercutan en el comportamiento de los ovinos ya que con disponibilidades menores a 100 Kg MS/ha se pueden presentar restricciones al consumo (Borreli y Oliva 1999). Por otro lado, cabe destacar la escala de estudio utilizada, la cual abarcó cuadros de amplia superficie. Aunque los resultados encontrados pueden haber sido afectados por los efectos combinados de diferentes cargas animales y tamaños de los cuadros (Oñatibia y Aguiar 2018), la comparación de manejos bajo condiciones reales de producción es un avance respecto de las comparaciones experimentales bajo condiciones controladas, las cuales generalmente introducen elementos (cuadros muy pequeños, animales sin experiencia previa, estrés, etc.) que comprometen la representatividad de los resultados (Brunson y Burrit 2009).

Por último cabe mencionar, que actualmente persiste el debate sobre los beneficios del manejo rotativo del pastoreo. Esto se debe a la importante evidencia científica que refuta sus beneficios ecológicos (Briske et al. 2008), mientras que numerosos casos prácticos señalan mejoras diversas por la aplicación de este manejo (Henning et al. 2000). Sin embargo, Briske et al. (2011) sugieren superar el debate sobre si el pastoreo rotativo “funciona” o no, y enfocarlo en el manejo adaptativo y la integración de conocimientos

experimentales y empíricos. Esto permitiría proveer un marco más amplio para el manejo de sistemas de pastizales naturales.

#### **6.4 Uso de bloques multinutricionales como herramienta de manejo del pastoreo en ganadería extensiva**

El pastoreo homogéneo, en cuadros ganaderos extensivos, es uno de los elementos más importantes para lograr un manejo eficiente y sustentable de los pastizales naturales patagónicos. Por ello, el objetivo del capítulo 5 fue evaluar la efectividad del uso estratégico de bloques multinutricionales como elemento atractivo en sectores subutilizados del paisaje, en una estepa arbustiva xérica de muy escasa cobertura. Aunque esta es una tecnología conocida internacionalmente (Bailey y Welling 1999; Bailey et al. 2001; Bailey et al. 2008a,b; George et al. 2008), en el capítulo 2 se pudo observar que es escasamente aplicada por los productores de Santa Cruz (<5 %). Por ende, se llevó adelante un ensayo experimental donde se evaluó la distribución espacial de ovinos en dos cuadros extensivos (2500-5500 ha) bajo un tratamiento con bloques y un testigo sin bloques. Las condiciones analizadas fueron representativas de los sistemas ganaderos típicos de la meseta central de Santa Cruz, captando las particularidades de un entorno de producción con escasez de forraje y fuertes inclemencias climáticas.

El uso de los bloques atractivos finalmente resultó en una ampliación del área de uso diario de 254-283 % respecto del tratamiento testigo, determinando un uso más homogéneo de los cuadros de pastoreo por parte de los ovinos. La efectividad del uso de atractivos también se ha corroborado en estudios con vacunos donde el objetivo fue el uso específico del sitio de colocación de los bloques (“target cattle grazing”) (Bruegger et al. 2016; Stephenson et al. 2016). Sin embargo, el presente estudio aportó evidencia sobre el uso de bloques con ovinos domésticos (*Ovis aries*) y la ampliación del área de uso (i.e., *Home range*). En este sentido, aunque existen varios estudios que analizan la distribución espacial de diferentes razas y subespecies ovinas (Hunter 1964; Grubb y Jewell 1974; Arnold et al. 1981; Clapp y Beck 2015), el presente trabajo aportó evidencia empírica sobre el uso de bloques multinutricionales y sus implicancias en los hábitos de distribución de la especie a escala de paisaje y a nivel de cuadro ganadero extensivo.

El uso de bloques multinutricionales demostró ser una tecnología viable para el manejo de la heterogeneidad del pastoreo en sitios bajo pastoreo extensivo y con escasez de forraje. Si bien es importante contar con más estudios que verifiquen la efectividad de la tecnología en la recuperación de los pastizales, se espera que el pastoreo uniforme del pastizal, a cargas moderadas, evite el aumento de la degradación de los sitios más preferidos (Golluscio et al. 1998), permita un aumento en la productividad (Oñatibia y Aguiar 2016; Herrero-Jáuregui y Oesterheld 2018) y un mantenimiento o mejora de la salud del pastizal (Bailey y Brown 2011). Además, los resultados encontrados poseen importantes implicancias prácticas ya que el uso de bloques multinutricionales permitiría combinar estrategias de suplementación con el uso sustentable del recurso pastoril.

#### **6.5 Lineamientos futuros**

Los productores ganaderos extensivos de Santa Cruz demostraron el conocimiento de una variedad importante de tecnologías de manejo (capítulo 2) y mencionan la

intención de incorporar mejoras. Sin embargo, en ningún caso estos elementos se encuentran actualmente consolidados como prácticas comunes a la gran mayoría de los productores. Considerando particularmente el diseño de cuadros, es posible que el productor ganadero no tenga la información necesaria para cuantificar los beneficios asociados a la implementación de mejoras y así evaluar la conveniencia de la inversión. Por ello, se presenta como necesario profundizar en el conocimiento de estos beneficios buscando reconocer los efectos de un mejor diseño de cuadros que propendan a la recuperación de los pastizales y al mejoramiento de la performance animal.

En cuanto a la descripción de patrones generales de distribución de ovinos en cuadros extensivos, es necesario abarcar otras condiciones existentes en Patagonia Sur y no contempladas en este estudio. En este sentido, es importante conocer el comportamiento de los ovinos en cuadros cordilleranos con fuertes pendientes y diferencias altitudinales, o en cuadros más extensos ( $>5000$  ha) como los detectados en el capítulo 2. Asimismo, es posible que determinadas zonas de Patagonia Sur deban ser estudiadas contemplando la presencia de depredadores tales como pumas, zorros y perros cimarrones. Estos animales pueden tener un impacto considerable en los patrones de distribución del ganado en pastoreo extensivo (Breck et al. 2012; Howery et al. 2013).

En cuanto a la respuesta animal encontrada al comparar el manejo de pastoreo continuo con el MH, se demostró la necesidad de considerar otras escalas de observación del comportamiento tales como la dieta o la selección de parches de vegetación, además de contemplar períodos más cortos como los diferentes momentos del día (mañana, tarde y noche). Considerando que el MH representa hoy una de las escasas alternativas para la recuperación de los pastizales, es importante continuar revisando los mecanismos subyacentes que determinan la performance de los animales en pastoreo.

Finalmente, es importante considerar entre los lineamientos futuros otras temáticas no abarcadas en esta tesis pero muy ligadas a los patrones de distribución de los ovinos en sistemas extensivos. En este sentido, la formación de grupos, el comportamiento de “seguir” a la majada (comportamiento alelomimético), y la existencia de animales líderes son elementos que pueden condicionar la determinación de los sitios de pastoreo (Lynch et al. 1992; Petryna 2002). Asimismo, la formación de subgrupos y la dispersión de la majada también son elementos que pueden reflejar una respuesta frente a la escasez o dispersión de las fuentes de alimento y agua (Stafford Smith 1988).

## BIBLIOGRAFÍA

- Aagesen D (2000) Crisis and conservation at the end of the world: sheep ranching in Argentine Patagonia. *Environmental Conservation* 27:208-215
- Adler PB, Raff DA y Lauenroth WK (2001) The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecología* 128:465-479
- Al-Ramamneh D, Riek A y Gerken M (2012) Effect of water restriction on drinking behaviour and water intake in German black-head mutton sheep and Boer goats. *Animal* 6:173-178
- Alaminos A y Castejón JL (2006) Elaboración, análisis e interpretación de encuestas, cuestionarios y escalas de opinión. Universidad de Alicante. Alcoy: Marfil, 119 pp
- Allred BW, Fuhlendorf SD, Hamilton RG (2011) The role of herbivores in Great Plains conservation: comparative ecology of bison and cattle. *Ecosphere* 2, art 26
- Álvarez R (2009) Situación actual y aportes al desarrollo del sector ganadero ovino-extensivo del Departamento Magallanes - Provincia de Santa Cruz. Trabajo integrador para optar al grado de Especialista en Desarrollo Rural. Escuela para Graduados Alberto Soriano, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, 106 pp
- Anchorena J (1985) Cartas de aptitud ganadera. Dos ejemplos para la región magallánica. Transecta botánica de la Patagonia Austral. CONICET (Argentina), Royal Society (Great Britain), e Instituto de la Patagonia (Chile). Buenos Aires, Argentina, pp 695-733
- Anchorena J, Cingolani A, Livraghi E, Collantes M y Stofella S (2001) Manejo del pastoreo de ovejas en Tierra del Fuego. CONICET-INTA, Buenos Aires, Argentina, 47 pp
- Andrade L (2002) Territorio y ganadería en la Patagonia Argentina: desertificación y rentabilidad en la Meseta Central de Santa Cruz. *Economía, Sociedad y Territorio* 3:675-706
- Andrade L (2003) Sociología de la desertificación en la Patagonia Austral: los productores ovinos de la Meseta Central de Santa Cruz. *Theomai* (7)
- Andrade L, Bedacarratz V, Álvarez R y Oliva G (2010) Otoño en la estepa: ambiente, ganadería y vínculos en la Patagonia Austral. La Colmena, Buenos Aires, Argentina, 306 pp
- Andrade MA, Suárez DD, Peril PL, Borrelli P, Ormaechea SG, Ferrante D, Rivera EH y Sturzenbaum MV (2016) Desarrollo de un modelo para asignación variable de carga animal (MAVC) en Patagonia Sur. *Livestock Research for Rural Development* 28(11)
- Anguita JC, Labrador JR, Campos JD, Casas Anguita J, Repullo Labrador J y Donado Campos J (2003) La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención primaria* 31:527-538
- ANKOM (1998) Procedures for fibre and in vitro analysis. URL: <http://www.ankom.com>
- A.O.A.C. (2000) Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. (17<sup>ma</sup> edición)
- Ares JO, Dignani J y Bertiller MB (2007) Cost analysis of remotely sensed foraging paths in patchy landscapes with plant anti-herbivore defenses (Patagonia, Argentina). *Landscape ecology* 22:1291-1301

- Ares JO y Bertiller M (2010) Modeling high-frequency position data of large herbivores with a phase-state model. *Ecological Modelling* 221:2323-2329
- Armstrong HM, Gordon IJ, Hutchings NJ, Illius AW, Milne JA y Sibbald AR (1997) A model of the grazing of hill vegetation by sheep in the UK. II. The prediction of offtake by sheep. *Journal of Applied Ecology* 34:186-206
- Arnold GW, Wallace SR y Rea WA (1981) Associations between individuals and home-range behaviour in natural flocks of three breeds of domestic sheep. *Applied Animal Ethology* 7:239-257
- Arnold GW (1982) Some factors affecting the grazing behaviour of sheep in winter in New South Wales. *Applied Animal Ethology* 8:119-125
- Ash A y Stafford-Smith M (1996) Evaluating stocking rate impacts in rangelands: animals don't practice what we preach. *Rangeland Journal* 18:216-243
- Bailey DW (2004) Management strategies for optimal grazing distribution and use of arid rangelands. *Journal of Animal Science* 82:147-153
- Bailey DW, Gross JE, Laca EA, Rittenhouse LR, Coughenour MB, Swift DM y Sims PL (1996) Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management* 49:386-400
- Bailey DW y Welling GR (1999) Modification of cattle grazing distribution with dehydrated molasses supplement. *Journal of Range Management* 52:575-582
- Bailey DW, Welling GR y Miller ET (2001) Cattle use of foothills rangeland near dehydrated molasses supplement. *Journal of Range Management* 54:338-347
- Bailey DW y Welling GR (2007) Evaluation of low moisture blocks and conventional dry mixes for supplementing minerals and modifying cattle grazing patterns. *Rangeland Ecology and Management* 60:54-64
- Bailey DW y Delyn Jensen (2008) Method of Supplementation May Affect Cattle Grazing Patterns. *Rangeland Ecology and Management* 61:131-135
- Bailey DW y Provenza FD (2008) Mechanism determining large-herbivore distribution. En: Prince H y Langevelde F (eds) *Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging*. Springer, pp 7-28
- Bailey DW, Van Wagoner HC, Weinmeister R y Jensen D (2008a) Evaluation of low-stress herding and supplement placement for managing cattle grazing in upland and riparian areas. *Rangeland Ecology and Management* 61:26-37
- Bailey DW, Van Wagoner HC, Weinmeister R y Jensen D (2008b) Comparison of low-moisture blocks and salt for manipulating grazing patterns of beef cows. *Journal of Animal Science* 86:1271-1277
- Bailey DW y Brown JR (2011) Rotational grazing systems and livestock grazing behavior in shrub-dominated semi-arid and arid rangelands. *Rangeland Ecology and Management* 64:1-9
- Barbari M, Conti L, Koostra BK, Masi G, Sorbetti Guerri F y Workman SR (2006) The Use of Global Positioning and Geographical Information Systems in the Management of Extensive Cattle Grazing. *Biosystems Engineering* 95:271-280
- Barbería EM (1995) Los dueños de la tierra en la Patagonia austral, 1880-1920. Universidad Federal de la Patagonia Austral, Río Gallegos, Argentina, 475 pp

- Barnes MK, Norton BE, Maeno M y Malechek JC (2008) Paddock Size and Stocking Density Affect Spatial Heterogeneity of Grazing. *Rangeland Ecology and Management* 6:380-388
- Benvenutti MA y Cangiano CA (2011) Características de las pasturas y su relación con el comportamiento ingestivo y consumo en pastoreo. En: Cangiano CA y Brizuela MA (eds) *Producción animal en pastoreo*. Ediciones INTA EEA Balcarce, Argentina, pp 259-290
- Bertiller MB y Ares JO (2008) Sheep Spatial Grazing Strategies at the Arid Patagonian Monte, Argentina. *Rangeland Ecology and Management* 61:38-47
- Black Rubio CM, Cibils AF, Endecott RL, Petersen MK y Boykin KG (2008) Piñon-Juniper Woodland Use by Cattle in Relation to Weather and Animal Reproductive State. *Rangeland Ecology and Management* 61:394-404
- Blaxter KL (1977) Environmental factors and their influence on the nutrition of farm livestock. En: Haresign W, Swan H y Lewis D (eds) *Nutrition and the Climatic Environment*, Butterworthspp, London, pp 1-16
- Bleich VC, Davis JH, Marshal JP, Torres SG y Gonzales BJ (2009) Mining activity and habitat use by mountain sheep (*Ovis canadensis*). *European Journal of Wildlife Research* 55:183-191
- Bleich VC, Marshal JP y Andrew NG (2010) Habitat use by a desert ungulate: predicting effects of water availability on mountain sheep. *Journal of Arid Environments* 74:638-645
- Bohnert DW y Stephenson MB (2016) Supplementation and sustainable grazing systems. *Journal of Animal Science* 94:15-25
- Boissy A y Dumont B (2002) Interactions between social and feeding motivations on the grazing behaviour of herbivores: sheep more easily split into subgroups with familiar peers. *Applied Animal Behaviour Science* 79:233-245
- Bolker BM (2008) Ecological models and data in R. Princeton University Press
- Bonvissuto G y Somlo R (1998) Guía de Condiciones para campos naturales de Precordillera y Sierras y Mesetas de Patagonia. PRODESAR 34, Bariloche, 40 pp
- Bonvissuto G y Lanciotti ML (2002) Guía de condición para los mallines con Pasto Salado (*Distichlis* spp.) en zonas de Río Negro con menos de 300 mm de precipitación. Estación Experimental Agropecuaria INTA Bariloche
- Boone RB y Hobbs NT (2004) Lines around fragments: effects of fencing on large herbivores. *African Journal of Range and Forage Science* 21:147-158
- Borrelli P (2001a) Producción animal sobre pastizales. En: Borrelli P y Oliva G (eds) *Ganadería Ovina Sustentable en la Patagonia Austral*. Ediciones INTA EEA Santa Cruz, Argentina, pp 131-162
- Borrelli P (2001b) Planificación del pastoreo. En: Borrelli P y Oliva G (eds) *Ganadería Ovina Sustentable en la Patagonia Austral*. Ediciones INTA EEA Santa Cruz, Argentina, pp 185-198
- Borrelli P, Baetti C, Cheppi C y Iacomini M (1990) Una metodología para evaluar los Pastizales de Santa Cruz. *Revista Argentina de Producción Animal. Suplemento* 1:10-18

- Borrelli P, Oliva G, Williams M, González L, Rial P y Montes L (1997) Sistema regional de soporte de decisiones. Santa Cruz y Tierra del Fuego. PRODESER (INTA-GTZ) EEA Santa Cruz
- Borrelli P y Oliva G (1999) Managing grazing: experiences from Patagonia. V<sup>th</sup> International Rangeland Congress. Townsville, Australia, pp 441-447
- Borrelli P y Oliva G (2001a) Efecto de los animales sobre los pastizales. En: Borrelli P y Oliva G (eds) Ganadería Ovina Sustentable en la Patagonia Austral. Ediciones INTA EEA Santa Cruz, Argentina, pp 99-128
- Borrelli P y Oliva G (2001b) Evaluación de pastizales. En: Borrelli P y Oliva G (eds) Ganadería Ovina Extensiva Sustentable en la Patagonia Austral. Ediciones EEA INTA Santa Cruz, Argentina, pp 163-184
- Bottaro H, Nakamatsu V, Opazo W, Ciari G y Villa M (2007) Guía de condición para estepas arbustivo graminosas de cola de piche y coirón poa utilizadas con ovinos y caprinos. Estación Experimental Agropecuaria INTA Esquel
- Bowman JGP y Sowell BF (1997) Delivery method and supplement consumption by grazing ruminants: a review. Journal of Animal Science 75:543-550
- Boyce MS, Vernier PR, Nielsen SE, Schmiegelow FKA (2002) Evaluating resource selection functions. Ecological Modelling 157:281-300
- Breck S, Clark P, Howery L, Johnson D, Kluever B, Smallidge S y Cibils A (2012) A perspective on livestock-wolf interactions on Western rangelands. Rangelands 34:6-11
- Briske DD y Heitschmidt RK (1991) An ecological perspective. En: Heitschmidt RK y Stuth JW (eds) Grazing management: An ecological perspective. Timber Press, Portland, Oregon, pp 11-26
- Briske DD, Derner JD, Brown JR, Fuhlendorf SD, Teague WR, Havstad KM, Havstad KM, Gillen RL, Ash AJ y Willms WD (2008) Rotational grazing on rangelands: reconciliation of perception and experimental evidence. Rangeland Ecology and Management 61:3-17
- Briske DD, Sayre NF, Huntsinger L, Fernández-Giménez M, Budd B y Derner JD (2011) Origin, persistence, and resolution of the rotational grazing debate: integrating human dimensions into rangeland research. Rangeland Ecology and Management, 64:325-334
- Brizuela MA y Cibils (2011) Implicancias de la carga animal, distribución de los animales y métodos de pastoreo en la utilización de pasturas. En: Cangiano CA y Brizuela MA (eds) Producción animal en pastoreo. Ediciones INTA EEA Balcarce, Argentina, pp 349-376
- Brizuela MA, Díaz Falú E, Cid MS, Cendoya MG y Cibils AF (2011) How can grazing behavior research at the plant community and landscape scales contribute to enhance sustainability of rangeland livestock production systems? IX International Rangeland Congress. Rosario, Argentina, pp 572-576
- Browelet RB, Schacht WH, Anderson BE y Smart AJ (2000) Forage removal and grazing time of cattle on small paddocks. Journal of Range Management 53:282-286

- Bruegger RA, Varelas LA, Howery LD, Torell LA, Stephenson MB y Bailey DW (2016) Targeted Grazing in Southern Arizona: Using Cattle to Reduce Fine Fuel Loads. *Rangeland Ecology and Management* 69:43-51
- Brunson MW y Burritt EA (2009) Behavioral factors in rotational grazing systems. *Rangelands* 31:20-25
- Burgman MA y Fox JC (2003) Bias in species range estimates from minimum convex polygons: implications for conservation and options for improved planning. *Animal Conservation* 6:19-28
- Calenge C (2006) The package adehabitat for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling* 197:516-519
- Calenge C (2015) Home Range Estimation in R: the adehabitatHR Package. <https://cran.r-project.org/web/packages/adehabitatHR/vignettes/adehabitatHR.pdf>
- Cangiano CA y Brizuela MA (2011) Efecto del animal sobre la pastura. En: Cangiano CA y Brizuela MA (eds) Producción animal en pastoreo. Ediciones INTA EEA Balcarce, Argentina, pp 207-236
- Cesa A, Cibils A, Peinetti R, Rial P y González L (2006) Análisis de la distribución espacial de ovinos a lo largo del año y estimación de las actividades diarias. En: Peri PL (ed) Desarrollo de un Sistema de Soporte de Decisiones para mejorar porcentajes de señalada de modo ecológicamente sustentable en establecimientos de la Estepa Magallánica (Patagonia). Ediciones INTA, Río Gallegos, Argentina, pp 77-96
- Cibils AF y Coughenour MB (2001) Impact of grazing management on the productivity of cold temperate grasslands of Southern Patagonia-a critical assessment. International Grassland Congress. Sao Pedro, Sao Paulo, Brasil, pp 807-811
- Cibils A y Borrelli P (2005) Grasslands of Patagonia. En: Suttie JM, Reynolds SG y Batello C (eds) Grasslands of the world. Food and Agriculture Organization, pp 121-170
- Cibils AF y Brizuela MA (2009) Tecnologías disponibles para el desarrollo de pastoreo de precisión en sistemas extensivos de pastizal natural. 5º Congreso de la Asociación Argentina para el Manejo de los Pastizales Naturales, Corrientes, Argentina, pp 81-89
- Cingolani AM, Noy-Meir I, Renison DD y Cabido M (2008) La ganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecología austral* 18:253-271
- Cingolani, A. M., Noy-Meir, I., Renison, D. D., & Cabido, M. (2008). La ganadería extensiva: ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos?. *Ecología austral*, 18(3), 253-271.
- Clapp JG y Beck JL (2015) Evaluating distributional shifts in home range estimates. *Ecology and evolution* 5:3869-3878
- Cocimano M, Lange A y Menvielle E (1977) Equivalencias ganaderas para vacunos de carne y ovinos. Comisión de producción de carne. Departamento de estudios. AACREA, 24 pp
- Collantes MB y Faggi AM (1999) Los humedales del sur de Sudamérica. En: Malvárez AI (ed) Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. UNESCO-MAB-ORCYT. Montevideo, Uruguay, pp 15-26

- Consorcio DHV (1999) Desertificación en la Patagonia. Informe Principal. Consorcio DHV Consultants-Sweedforest. Buenos Aires, Argentina, 111 pp
- Cook CW (1966) Factors affecting utilization of mountain slopes by cattle. *Journal of Range Management* 200-204
- Coronato FR (2015) Ovejas, territorio y políticas públicas en la Patagonia. *Revista Estudios del ISHiR* 5:6-19
- Coughenour MB (1991) Spatial components of plant-herbivore interactions in pastoral, ranching, and native ungulate ecosystems. *Journal of range management* 44:530-542
- DeCesare NJ y Pletscher DH (2006) Movements, connectivity, and resource selection of Rocky Mountain bighorn sheep. *Journal of Mammalogy* 87:531-538
- Deregibus VA (1988) Importancia de los pastizales naturales en la República Argentina: situación presente y futura. *Revista Argentina de Producción Animal* 8:67-78
- Derner JD, Hart RH, Smith MA y Waggoner Jr JW (2008) Long-term cattle gain responses to stocking rate and grazing systems in northern mixed-grass prairie. *Livestock Science* 117:60-69
- Dettki H, Lofstrand R y Edenius L (2003) Modeling habitat suitability for moose in coastal northern Sweden: empirical vs. process-oriented approaches. *Ambio* 32:549-556
- Dibb AD (2007) Spatial Analysis of Bighorn Sheep Movement in the Radium Hot Springs Area, British Columbia: Modelling and Management. Tesis doctoral, Universidad de Calgary, Canadá
- Distel RA (2013) Manejo del pastoreo en pastizales de zonas áridas y semiáridas. *Revista Argentina de Producción Animal* 33:53-64
- Distel RA, Soca PM, Demment MW y Laca EA (2004) Spatial-temporal arrangements of supplementation to modify selection of feeding sites by sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 89:59-70
- Ducker MJ, Kendall PT, Hemingway RG y McClelland TH (1981) An evaluation of feedblocks as a means of providing supplementary nutrients to ewes grazing upland/hill pastures. *Animal Science* 33:51-57
- Dudzinski ML y Arnold GW (1979) Factors influencing the grazing behaviour of sheep in a Mediterranean climate. *Applied Animal Ethology* 5:125-144
- Dumont B, Dutronc A y Petit M (1998) How readily will sheep walk for a preferred forage? *Journal of Animal Science* 76:965-971
- Dumont B y Boissy A (1999) Relations sociales et comportement alimentaire au pâturage. INRA Productions Animales 12:3-10
- Dumont B y Boissy A (2000) Grazing behaviour of sheep in a situation of conflict between feeding and social motivations. *Behavioural Processes* 49:131-138
- Elissalde N, Escobar J y Nakamatsu V (2002) Inventario y evaluación de pastizales naturales de la zona árida y semiárida de la Patagonia. INTA, Centro Regional Patagonia Sur, EEA-Chubut, Trelew, 45 pp
- Faggi A (1985) Las comunidades vegetales de Río Gallegos, Santa Cruz. En: Boelcke O, Moore D y Roig F (eds) *Transecta Botánica de la Patagonia Austral*. CONICET, Instituto de la Patagonia y Royal Society: Buenos Aires y Londres, pp 592-633

- Falú EMD, Brizuela MÁ, Cid MS, Cibils AF, Cendoya MG y Bendersky D (2014) Daily feeding site selection of cattle and sheep co-grazing a heterogeneous subtropical grassland. *Livestock Science* 161:147-157
- FAOSTAT (2016) Datos disponibles en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QA/visualize>. Último acceso en diciembre de 2017
- Faraway JJ (2002) Practical regression and ANOVA using R (Vol. 168). Bath: University of Bath, Inglaterra, 212 pp
- Faraway JJ (2006) Extending the linear model with R. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, USA, 345 pp
- Fariña CM, Siffredi GL, Oesterheld M, Cibils AF y Willems PM (2018) Pastoreo intensivo en distintas estaciones del año: efectos a escala de comunidad en una estepa de Patagonia Norte. VIII Congreso Nacional - IV Congreso del Mercosur sobre Manejo de Pastizales Naturales, pp 80
- Ferrante D (2011) Distribución del agua en el suelo y su relación con la estructura radical y producción de biomasa de tres tipos funcionales, en un pastizal de la Estepa Magallánica seca, Santa Cruz. Tesis presentada para optar al título de Magíster de la Universidad de Buenos Aires, Área Recursos Naturales
- Finger A, Patison KP, Heath BM y Swain DL (2013) Changes in the group associations of free-ranging beef cows at calving. *Animal Production Science* 54:270-276
- Ford RG (1983) Home range in a patchy environment: optimal foraging predictions. *American Zoologist* 23:315-326
- Fournier DA, Skaug HJ, Ancheta J, Ianelli J, Magnusson A, Maunder M, Nielsen A y Sibert J (2012) "AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models." *Optimal Methods Software*, 27, pp 233-249
- Fuls ER (1992) Semi-arid and arid rangelands: a resource under siege due to patch-selective grazing. *Journal of Arid Environments* 22:191-193
- Ganskopp (2001) Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid land pastures: GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behaviour Science* 73:251-262
- Garcia F, Carrere P, Sousanna JF y Bajmont R (2003) The ability of sheep at different stocking rates to maintain the quality and quantity of their diet during the grazing season. *Journal of Agricultural Science* 140:113-124
- George MR, McDougald NK, Jensen WA, Larsen RE, Cao DC y Harris NR (2008) Effectiveness of nutrient supplement placement for changing beef cow distribution. *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol 63, N°1
- Giraudo CG (2011) Suplementación de ovinos y caprinos. INTA EEA Bariloche, Argentina, 53 pp
- Golluscio RA, Deregbus VA y Paruelo JM (1998) Sustainability and range management in the Patagonian steppes. *Ecología Austral* 8:265-284
- Golluscio R, Giraudo C, Borrelli P, Montes L, Siffredi G, Cechi G, Nakamatsu V y Escobar J (1999) Utilización de los Recursos Naturales en la Patagonia. Informe Técnico. En: Consorcio DHV, 80 pp
- González L y Rial P (2006) Ordenamiento base de datos catastro rural provincia de Santa Cruz. Convenio CFI-Dirección Provincial de Catastro-EEA Santa Cruz

- Gordon IJ (1989) Vegetation community selection by ungulates on the Isle of Rhum. III. Determinants of vegetation community selection. *Journal of Applied Ecology* 26:65-79
- Goulart RCD, Corsi M, Bailey DW y Zocchi SS (2008) Cattle Grazing Distribution and Efficacy of Strategic Mineral Mix Placement in Tropical Brazilian Pastures. *Rangeland Ecology and Management* 61:656-660
- Gross JE, Zank C, Hobbs NT y Spalinger DE (1995) Movement rules for herbivores in spatially heterogeneous environments: responses to small scale pattern. *Landscape Ecology* 10:209-217
- Grubb P y Jewell PA (1974) Movement, daily activity and home range of Soay sheep. En: Jewell PA, Milner C y Morton Boyd J (eds) *Island Survivors; the ecology of the Soay Sheep of St. Kilda*, London. Athlone Press, pp 160-194
- Hart RH, Samuel MJ, Test PS y Smith MA (1988) Cattle, vegetation, and economic responses to grazing systems and grazing pressure. *Journal of Range Management* 41:282-286
- Hart RH, Bissio J, Samuel MJ y Waggoner JW Jr (1993) Grazing systems, pasture size, and cattle grazing behavior and gains. *Journal of Range Management* 46:81-87
- Heitschmidt RK, Frasure JR, Price DL y Rittenhouse LR (1982) Short duration grazing at the Texas Experimental Ranch: Weight gains of growing heifers. *Journal of Range Management* 35:375-379
- Heitschmidt RK, Dowhower SL y Walker JW (1987) Some effects of a rotational grazing treatment on quantity and quality of available forage and amount of ground litter. *Journal of Range Management* 40:318-321
- Henning J, Lacefield G, Rasnake M, Burris R, Johns J, Johnson K y Turner L (2000) Rotational grazing. University of Kentucky Cooperative Extension Service ID-143
- Herrero-Jáuregui C y Oesterheld M (2018) Effects of grazing intensity on plant richness and diversity: a meta-analysis. *Oikos* 127:757-766
- Holechek JL, Pieper RD y Herbel CH (2010) Range management: principles and practices. 6<sup>ta</sup> edición. Nueva Jersey, USA, 456 pp
- Hopewell L, Rossiter R, Blower E, Leaver L y Goto K (2005) Grazing and vigilance by Soay sheep on Lundy island: influence of group size, terrain and the distribution of vegetation. *Behavioural Processes* 70:186-193
- Howery LD, Provenza FD, Banner RE y Scott CB (1998) Social and environmental factors influence cattle distribution on rangeland. *Applied Animal Behaviour Science* 55:231-244
- Howery LD, Cibils AF y Anderson DM (2013) Potential for using visual, auditory and olfactory cues to manage foraging behaviour and spatial distribution of rangeland livestock. *CAB Reviews* 8:1-10
- Hunt LP, Petty S, Cowley R, Fisher A, Ash AJ y MacDonald N (2007) Factors affecting the management of cattle grazing distribution in northern Australia: preliminary observations on the effect of paddock size and water points. *The Rangeland Journal* 29:169-179
- Hunter RF (1954) The grazing of hill pasture sward types. *Grass and forage science* 9:195-208

- Hunter RF (1964) Home range behaviour in hill sheep. Grazing in terrestrial and marine environments, pp 155-171
- Iglesias ME (2016) Dohne Merino, diez años de una raza doble propósito en Argentina. Artículo de divulgación. EEA INTA Trelew, 1 pp
- Iglesias R, Schorr A, Villa M y Vozzi A (2015) Situación actual y perspectiva de la ganadería en Patagonia Sur. Centro Regional Patagonia Sur. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 24 pp
- Jetz W, Carbone C, Fulford J y Brown JH (2004) The scaling of animal space use. *Science* 306:266-268
- Jobbág E y Sala O (2000) Controls of grass and shrub aboveground production in the Patagonian steppe. *Ecological Applications* 10:541-549
- Johnson D (1980) The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology* 61:65-71
- Johnson DD y Ganskopp DC (2008) GPS Collar Sampling Frequency: Effects on Measures of Resource Use. *Rangeland Ecology and Management* 61:226-231
- Kausrud K, Mysterud A, Rekdal Y, Holand Ø y Austrheim G (2006) Density-dependent foraging behaviour of sheep on alpine pastures: effects of scale. *Journal of Zoology* 270:63-71
- Kawas RJ (2008) Producción y utilización de bloques multinutrientes como complemento de forrajes de baja calidad para caprinos y ovinos: la experiencia en regiones semiáridas. *Tecnología y Ciencia Agropecuaria* 2:63-69
- Kreps G, Martínez Pastur G y Peri P (2012) Cambio climático en Patagonia Sur. Ediciones INTA. EEA INTA Santa Cruz-CONICET, 100 pp
- Laca E (2008) Foraging in a heterogeneous environment. Intake and diet choice. En: Prince H y Langevelde F (eds) *Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging*. Springer, pp 81-100
- Laca E (2011) Escalas de heterogeneidad espacial en sistemas pastoriles. En: Cangiano CA y Brizuela MA (eds) *Producción animal en pastoreo*. Ediciones INTA EEA Balcarce, Argentina, pp 321-348
- Lalampa PK, Wasonga OV, Rubenstein DI y Njoka JT (2016) Effects of holistic grazing management on milk production, weight gain, and visitation to grazing areas by livestock and wildlife in Laikipia County, Kenya. *Ecological Processes* 5:17
- Lange RT (1985) Spatial distributions of stocking intensity produced by sheep-flocks grazing Australian chenopod shrublands. *Transactions of the Royal Society of South Australia* 109:167-74
- Launchbaugh KL y Howery LD (2005) Understanding Landscape Use Patterns of Livestock as a Consequence of Foraging Behaviour. *Rangeland Ecology and Management* 58:99-108
- Lawrence A y Wood-Gush D (1988a) Influence of social behaviour on utilization of supplemental feedblocks by Scottish hill sheep. *Animal Science*, 46(2)
- Lawrence A y Wood-Gush D (1988b) Home-range behaviour and social organization of Scottish blackface sheep. *Journal of Applied Ecology* 25-40
- León RJ, Bran D, Collantes M, Paruelo JM y Soriano A (1998) Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral* 8:125-144

- Lindstedt SL, Miller BJ y Buskirk SW (1986) Home range, time, and body size in mammals. *Ecology* 67:413-418
- Luke GJ (1987) Consumption of water by livestock. Resource Management Technical Report. Department of Agriculture Western Australia, 22 pp
- Lynch JJ, Hinch GN y Adams DB (1992) The behaviour of sheep: biological principles and implications for production. Wallingford, Oxon, England and East Melbourne, Australia: CAB International and CSIRO, 248 pp
- Mace M, Harvey PH, Clutton-Brock TH (1983) Vertebrate home-range size and energetic requirements. En: Swingland IR y Greenwood PJ (eds) *The Ecology of Animal Movements*. Clarendon Press, Oxford, UK, pp 32-53
- MacLeod ND y McIvor JG (2011) Economía del pastoreo. En: Cangiano CA y Brizuela MA (eds) *Producción animal en pastoreo*. Ediciones INTA EEA Balcarce, Argentina, pp 479-512
- McNab BK (1963) Bioenergetics and the determination of home range size. *American Naturalist* 97:133-140
- Manley WA, Hart RH, Samuel MJ, Smith MA, Waggoner Jr JW y Manley JT (1997) Vegetation, cattle, and economic responses to grazing strategies and pressures. *Journal of Range Management* 50:638-646
- Manly BFJ, McDonald LL, Thomas DL, McDonald TL y Erickson WP (2002) *Resource Selection by animals. Statistical Design and Analysis for Field Studies*. Kluwer, 2<sup>da</sup> edición. Dordrecht, Holanda, 221 pp
- Marijuán S, Ruiz R, Mandaluniz N y Oregui LM (1998) Comportamiento de los rebaños ovinos de raza Latxa en pastos comunales del Parque del Gorbea. *Producción Ovina y Caprina* 23:451-455
- Markwick G (2007) Water requirements for sheep and cattle. New South Wales Department of Primary Industries. Primefacts 326, 4 pp
- Martinic M (1985) La ocupación y el impacto del hombre sobre el territorio. En: Boelcke O, Moore D y Roig F (eds) *Transecta botánica de la Patagonia Austral*. CONICET, Instituto de la Patagonia, Royal Society, Buenos Aires, Argentina, pp 81-94
- McDonald P, Edwards RA y Greenhalgh JFD (1986) *Nutrición Animal*. Zaragoza, España, 518 pp
- Meyer CB y Thuiller W (2006) Accuracy of resource selection functions across spatial scales. *Diversity and Distributions* 12:288-297
- Milicevic F (2013) Diagnóstico del proceso de desarrollo territorial. Sustentabilidad social de la actividad ovina en la Estepa Magallánica del sur de Santa Cruz. Trabajo integrador para optar al grado de Especialista en Desarrollo Rural. Escuela para Graduados Alberto Soriano. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina, 48 pp
- Mosley JC (1999) Influence of social dominance on habitat selection by freeranging ungulates. En: Launchbaugh KL, Sanders KD y Mosley JC (eds) *Grazing behavior of livestock and wildlife*. Moscow, ID: University of Idaho. Idaho Forest, Wildlife and Range Experiment Station Bulletin #70, pp 109-118
- Mottershead BE, Alexander G y Lynch JJ (1982) Sheltering behaviour of shorn and unshorn sheep in mixed or separate flocks. *Applied Animal Ethology* 8:127-136

- Mysterud A, Larsen PK, Ims RA y Østbye E (1999) Habitat selection by roe deer and sheep: does habitat ranking reflect resource availability? Canadian Journal of Zoology 77:776-783
- Mysterud A, Rekdal Y, Loe LE, Angeloff M, Mobæk R, Holand Ø y Strand GH (2014) Evaluation of landscape-level grazing capacity for domestic sheep in alpine rangelands. Rangeland Ecology and Management 67:132-144
- Nakamatsu V, Lagarrigue M, Locatelli M; Sendin M; Elissalde N (1998) Disponibilidad de forraje estimada a través del valor pastoral en zonas áridas del Chubut (Patagonia). Revista Argentina de Producción Animal 8(1)
- Nielson RM y Sawyer H (2013) Estimating resource selection with count data. Ecology and Evolution 3:2233-2240
- Noy-Meir (1973) Desert ecosystems: environment and producers. Annual Review of Ecology and Systematics 4:25-51
- Oliva G, González L, Rial P y Livraghi E (2001) El ambiente en la Patagonia Austral. En: Borrelli P y Oliva G (eds) Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral. INTA, Buenos Aires, Argentina, pp 17-80
- Oliva G, Noy-Meir I y Cibils A (2001) Fundamentos de ecología de pastizales. En: Borrelli P y Oliva G (eds) Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral. INTA, Buenos Aires, Argentina, pp 83-100
- Oliva G, Puig S, Williams M y Ferrante D (2011) Twenty years of sustainable sheep farming in Patagonia: Productive results of Los Pozos Farm. IX International Rangeland Congress. Rosario, Argentina, pp 614
- Oliva G, Ferrante D, Puig S y Williams M (2012) Sustainable sheep management using continuous grazing and variable stocking rates in Patagonia: a case study. The Rangeland Journal 34:285-295
- Oliva G, Cepeda C, Ferrante D y Puig S (2016) Holistic management in a semiarid Patagonian sheep station: slow grassland improvement with animal production complications. Proceedings 10th International Rangeland Congress, Saskatoon, Canadá, pp 1115-1117
- Oliva G, Ferrante D y Torres V (2018) Evaluación de pastizales. Ea. Los Pozos 2017. Informe técnico. EEA INTA Santa Cruz, 16 pp
- Oñatibia GR y Aguiar MR (2016) Continuous moderate grazing management promotes biomass production in Patagonian arid rangelands. Journal of Arid Environments 125:73-79
- Oñatibia GR y Aguiar MR (2018) Paddock Size Mediates the Heterogeneity of Grazing Impacts on Vegetation. Rangeland Ecology and Management 71:470-480
- Ormaechea S (2012) Pastoreo estratégico de ambientes para mejorar la producción ovina en campos del ecotono bosque-estepa en Patagonia Sur. Tesis presentada para optar al título de Magíster de la Universidad de Buenos Aires, Área Recursos Naturales
- Ormaechea SG, Peri PL, Molina R, Mayo JP (2009) Situación y manejo actual del sector ganadero en establecimientos con bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia sur. 1er Congreso Nacional Silvopastoril. Posadas, Argentina, pp 385-393

- Ormaechea SG, Peri PL, Cipriotti PA, Anchorena JA y Huertas L (2012) Uso de collares GPS para evaluar la preferencia de ovinos por diferentes ambientes en Patagonia Sur. 2º Congreso Nacional de sistemas silvopastoriles. Santiago del Estero, pp 456-461
- Ormaechea S y Peri P (2015) Landscape heterogeneity influences on sheep habits under extensive grazing management in Southern Patagonia. *Livestock Research for Rural Development* 27(6)
- Ortega Cerrilla ME y Gómez Danés AA (2006) Aplicación del conocimiento de la conducta animal en la producción pecuaria. *Interciencia* 31:844-848
- OVIS XXI (2010a) La ganadería del futuro hoy. Protocolo de producción sustentable. Primer borrador, 41 pp
- OVIS XXI (2010b) Aportes y limitaciones del manejo de pastizales en la Estepa Magallánica Húmeda. Red Ovis XXI. Boletín de noticias n° 21
- Owens KM, Launchbaugh KL y Holloway JW (1991) Pasture Characteristics Affecting Spatial Distribution of Utilization by Cattle in Mixed Brush Communities. *Journal of Range Management* 44:118-123
- Owen-Smith N (2002) Adaptive herbivore ecology: from resources to populations in variable environments. Cambridge University Press, Cambridge, 374 pp
- Paruelo J y Sala O (1995) Water losses in the Patagonian steppe: a modelling approach. *Ecology* 76:510-520
- Peinetti HR, Fredrickson EL, Peters DPC, Cibils AF, Roacho-Estrada JO y Laliberte AS (2011) Foraging behavior of heritage versus recently introduced herbivores on desert landscapes of the American Southwest. *Ecosphere* 2, art 57
- Peri PL (2009a) Evaluación de pastizales en bosques de *Nothofagus antarctica* - Método Ñirantal Sur. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina, pp 335-342
- Peri PL (2009b) Método Ñirantal Sur - San Jorge: una herramienta para evaluar los pastizales naturales en bosques de ñire. Cartilla de Información Técnica. EEA INTA Santa Cruz. Producción animal, pp 33-38
- Peri PL (2012) Implementación, manejo y producción en sistemas sistemas silvopastoriles: Enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento. Actas del Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero, Argentina, pp 8-21
- Peri PL, Suárez D, Cipriotti PA, Rivera E, Ormaechea S y Sturzenbaum MV (2013) Determinación de la intensidad y error de muestreo para la evaluación de pastizales usando el método Santa Cruz. Informe Técnico. EEA INTA Santa Cruz, 28 pp
- Petryna A y Bavera GA (2002) Etología. Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. <http://www.produccion-animal.com.ar>
- Pinheiro L (2006) Pastoreo Racional Voisin - Tecnología Agroecológica Para el Tercer Milenio. Hemisferio Sur, 2<sup>da</sup> edición, Brasil
- Plachter y Hampke (2010) Large-Scale Livestock Grazing. A Management Tool for Nature Conservation. Oldenburg, Germany, 478 pp
- Pollard JC (2006) Shelter for lambing sheep in New Zealand: A review, New Zealand Journal of Agricultural Research 49:395-404

- Poole KG, Serrouya R, Teske IE y Podrasky K (2016) Rocky Mountain bighorn sheep (*Ovis canadensis canadensis*) winter habitat selection and seasonal movements in an area of active coal mining. Canadian Journal of Zoology 94:733-745
- Porath ML, Momont PA, DelCurto T, Rimbey NR, Tanaka JA y McInnis M (2002) Offstream water and trace mineral salt as management strategies for improved cattle distribution. Journal of Animal Science 80:346-356
- Provenza FD (1995) Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. Journal of Range Management 48:2-17
- PROVINO. Servicio Argentino de Información y Evaluación Genética de Ovinos, Caprinos y Camélidos. <https://www.provino.com.ar>
- Quargnolo E, Carabelli E, Gonzalez L, Suarez D, Amicone C, Sturzemberbaum V y Rivera E (2007) Determinación de la “brecha tecnológica” existente en los sistemas de producción ovina de la Patagonia austral, identificación de los puntos críticos e impacto económico, social y ambiental de la aplicación de la tecnología disponible recomendada para el manejo extensivo en el extremo sur de Santa Cruz. Informe técnico EEA INTA Santa Cruz - Agencia de Extensión, 74 pp
- Rimoldi P (2004) Producción ganadera sustentable en el árido chubutense. En: IDIA XXI Ovinos. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina, pp 36-40
- Rivera E y Patella RG (2013) Con el ojo en el Dohne Merino. Artículo de divulgación. Anuario Merino, pp 68-70
- Roguet C, Dumont B, Prache S (1998) Selection and use of feeding sites and feeding stations by herbivores: a review. En: Annales de Zootechnie, 47:225-244
- Rosenzweig ML (1981) A theory of habitat selection. Ecology 62:327-335
- Samela AM, Bahamonde PJ, Calafiore CA, Bonfili OA, Queipul JA, García DH y Rojas C (2012) Determinación de Parámetros de Vientos en el Sur de la Provincia de Santa Cruz. Actas del Segundo Congreso Latinoamericano de Ingeniería del Viento CLIV2, La Plata, Buenos Aires
- Sampedro MA, Cabeza NK y Kathya C (2010) Importancia de la conducta animal para el manejo productivo de la fauna silvestre y doméstica. Revista Colombiana de Ciencia Animal 2:175-214
- Savory A y Butterfield J (1999) Holistic Management: A New Framework for Decision Making. Island Press, 2<sup>da</sup> edición, Washington, USA, 616 pp
- Schlesinger WH, Reynolds JF, Cunningham GL, Huenneke LF, Jarrell WM, Virginia RA y Whitford WG (1990) Biological feedbacks in global desertification. Science 247:1043-1048
- Schoener TW (1981) An empirically based estimate of home range. Theoretical Population Biology 20:281-325
- Senft RL, Rittenhouse LR y Woodmansee RG (1985) Factors influencing patterns of cattle grazing behavior on shortgrass steppe. Journal of Range Management 38:82-87
- Senft RL, Coughenour MB, Bailey DW, Rittenhouse LR, Sala OE y Swift DM (1987) Large herbivore foraging and ecological hierarchies. BioScience 37:789-799
- Sevi A, Muscio A, Dantone D, Iascone V y D'Emilio F (2001) Paddock shape effects on grazing behavior and efficiency in sheep. Journal of Range Management 54:122-125

- Shaw RA, Villalba JJ y Provenza FD (2006) Influence of stock density and rate and temporal patterns of forage allocation on the diet mixing behavior of sheep grazing sagebrush steppe. *Applied Animal Behaviour Science* 100: 207-218
- Shinde AK, Karim SA, Patnayak BC y Mann JS (1997) Dietary preference and grazing behaviour of sheep on Cenchruscikaris pasture in a semi-arid region of India. *Small Ruminant Research* 26:119-122
- Siffredi G y Becker G (2001) Guía de evaluación forrajera de campos para determinación de la carga animal. Taller de actualización sobre métodos de evaluación, monitoreo y recuperación de pastizales naturales patagónicos. IV Reunión del Grupo Regional Patagónico de Pastoreo, auspiciado por FAO, 31 pp
- Siffredi G, López C; Ayesa J; Quiroga P y Gaitán J (2005a) Guía de recomendación de carga animal para estepas de la región de Los Menucos, Río Negro. Prinder EEA INTA Bariloche
- Siffredi G, López C; Ayesa J; Quiroga P y Gaitán J (2005b) Guía de recomendación de carga animal para estepas de la región de Sierra Colorada, Río Negro. Proinder - EEA INTA Bariloche
- Siffredi G, Gaitán J, López C y Ayesa J (2005c) Guía de recomendación de carga animal para mallines. Ley Ovina - PAN - EEA INTA Bariloche
- SIPAS. Registros históricos de la estación meteorológica Río Gallegos. <http://sipas.inta.gob.ar/?q=agrometeorologia-boletines-estacion&idEstacion=34>
- Skaug H, Fournier D, Bolker B, Magnusson A y Nielsen A (2016) Generalized Linear Mixed Models using 'AD Model Builder'. R package version 0.8.3.3
- Soler M, Carranza J, Cordero Rivera A, Moreno J, Senar JC y Soler JJ (2001) Traducción al español de los términos ingleses más conflictivos utilizados en Etología, Ecología y Evolución. *Etología* 9:43-46
- Soriano A (1983) Deserts and semideserts of Patagonia. En: West NE (ed) *Ecosystems of the World: Temperate Deserts and Semideserts*, Elsevier, Amsterdam, the Netherlands, pp 423-60
- Southwood TRE (1966) *Ecological methods*. Methuen, London, 391 pp
- Squires VR (1974) Grazing distribution and activity patterns of Merino sheep on a saltbush community in south-east Australia. *Applied Animal Ethology* 1:17-30
- Squires VR (1976) Walking, watering and grazing behaviour of Merino sheep on two semi-arid rangelands in south-west New South Wales. *The Rangeland Journal* 1:13-23
- Squires VR y Wilson AD (1971) Distance between food and water supply and its effect on drinking frequency, and food and water intake of Merino and Border Leicester sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 22:283-290
- Squires VR, Wilson AD y Daws GT (1972) Comparisons of the walking activity of some Australian sheep. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 9:376-380
- Stafford Smith MS (1988) Modelling: Three approaches to predicting how herbivore impact is distributed in rangeland. New Mexico Agricultural Experimental Station, Reference Report 628
- Stephens DW y Krebs JR (1986) *Foraging Theory*. Princeton University Press. Princeton, 262 pp

- Stephenson MB, Bailey DW, Howery LD y Henderson L (2016) Efficacy of low-stress herding and low-moisture block to target cattle grazing locations on New Mexico rangelands. *Journal of Arid Environments* 130:84-93
- Sturzenbaum MV (2012) Los productores ganaderos ovino-extensivos y la adopción tecnológica en el sureste de la provincia de Santa Cruz. Trabajo integrador para optar al grado de Especialista en Desarrollo Rural. Escuela para Graduados Alberto Soriano. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, 83 pp
- Sturzenbaum MV, Rivera EH, Milicevic F y Santana J (2015) Análisis de la Exposición Ganadera 2015-Sociedad Rural de Río Gallegos, 7 pp
- Stuth JW (1991) Foraging Behavior. En: Heitschmidt RK y Stuth JW (eds) *Grazing management: An ecological perspective*. Timber Press, Portland, Oregon, pp 65-83
- Suárez D (2009) Ovinos y alambres, paisaje cultural. Del pastizal natural a la insustentabilidad de la ganadería ovina en Santa Cruz. Tesis de Maestría en Desarrollo Sustentable. Convenio FLACAM - Universidad Nacional de Lanús, Argentina, 119 pp
- Suttie JM, Reynolds SG y Batello C (2005) Grasslands of the world. Food and Agriculture Organization, pp 1-21
- Swain DL, Friend MA, Bishop-Hurley GJ, Handcock RN y Wark T (2011) Tracking livestock using global positioning systems - are we still lost? *Animal Production Science* 51:167-175
- Tanaka JA, Rimbey NR, Torell LA, Taylor DT, Bailey D, DelCurto T, Walburger K y Welling B (2007) Grazing distribution: the quest for the silver bullet. *Rangelands* 29:38-46
- Tilton ME y Willard EE (1982) Winter Habitat Selection by Mountain Sheep. *The Journal of Wildlife Management* 46:359-366
- Ungar ED, Henkin Z, Gutman M, Dolev A, Genizi A y Ganskopp D (2005) Inference of animal activity from GPS collar data on free-ranging cattle. *Rangeland Ecology and Management* 58:256-266
- Utrilla VR, Brizuela MA y Cibils AF (2006) Structural and nutritional heterogeneity of riparian vegetation in Patagonia (Argentina) in relation to seasonal grazing by sheep. *Journal of Arid Environments* 67:661-670
- del Valle HF (1998) Patagonian soils: a regional synthesis. *Ecología Austral* 8:103-122
- del Valle HF, Bouza PJ, Rial PE y González L (2002) Suelos. En: Haller MJ (ed) *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz*. Relatorio del XV Congreso Geológico Argentino. El Calafate, Argentina, pp 815-828
- Vallentine JF (2001) *Grazing management*. 2<sup>da</sup> edición. Academic Press, Utah, USA, 659 pp
- Villalba JJ y Provenza FD (1999) Effects of food structure and nutritional quality and animal nutritional state on intake behaviour and food preferences of sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 63:145-163
- di Virgilio A y Morales JM (2016) Towards evenly distributed grazing patterns: including social context in sheep management strategies. *PeerJ* 4:e2152
- Walburger KJ, Wells M, Vavra M, DelCurto T, Johnson B y Coe P (2009) Influence of Cow Age on Grazing Distribution in a Mixed-Conifer Forest. *Rangeland Ecology and Management* 62:290-296

- Walker JW y Heitschmidt RK (1986) Effect of various grazing systems on type and density of cattle trails. *Journal of Range Management* 39:428-431
- Walker JW y Heitschmidt RK (1989) Some effects of a rotational grazing treatment on cattle grazing behavior. *Journal of Range Management* 42:337-342
- Walker JW, Heitschmidt RK y Dowhower SL (1989) Some effects of a rotational grazing treatment on cattle preference for plant communities. *Journal of Range Management* 42:143-148
- Warton D y Aarts G (2013) Advancing our thinking in presence-only and used-available analysis. *Journal of Animal Ecology* 82:1125-1134
- Weber GE y Jeltsch F (1998) Spatial aspects of grazing in savanna rangelands: a modeling study of vegetation dynamics. En: Usó JL, Brebbia CA y Power H (eds) *Ecosystems and sustainable development. Advances in Ecological Sciences. 1. Computational Mechanics Publications*. Southampton, pp 427-436
- Williams ML (2009) La situación del sector ovino en Santa Cruz: análisis y reflexiones. Estación Experimental Agropecuaria INTA Santa Cruz. Río Gallegos, Argentina, 27 pp
- Williams R (1954) Modern Methods of Getting Uniform Use of Ranges. *Journal of Range Management* 7:77-81
- Woolfolk EJ (1955) Range improvement and management problems in Argentina. *Journal of Range Management* 8:260-264
- Zuur A, Ieno EN, Walker N, Saveliev AA y Smith GM (2009) *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer Science & Business Media, Nueva York, USA, 574 pp

## APÉNDICE

### **Encuesta Ap.2.1:**

Nombre del establecimiento:

Nombre del entrevistado:

Rol en el establecimiento:

- Dueño o socio.
- Administrador.
- Encargado.

1. ¿Qué tipo de manejo del pastoreo se aplica en la estancia? De haber más de uno colocar el que involucra más unidades ganaderas.

- a. *Año redondo*. Los animales permanecen todo el año en el mismo cuadro.
- b. *Estacional*. Los cuadros se usan en períodos menores a un año y siempre en la misma época. e.g., Veranada-Invernada, Veranada-Invernada-Parición.
- c. *Estacional Rotativo*. Los cuadros se usan en períodos menores a un año, pero la época de uso cambia entre años.
- d. *Rotativo*. Los cuadros se usan más de una vez al año como resultado de una planificación del pastoreo. Si eventualmente se usan más de una vez por falta de campo (escasez de forraje) no se considera Rotativo.
- e. *Otros*. Describir.

2. ¿Cuántos cuadros de pastoreo tiene su establecimiento?

2b. Señale el número de cuadros que posee en cada rango de superficie:

- \* Menos de 1000 ha.
- \* 1000 a 2499 ha.
- \* 2500 a 4999 ha.
- \* 5000 ha o más.

3. ¿Cómo decidieron donde localizar los alambres? Es decir ¿Qué elementos se consideraron importantes para el diseño de los cuadros? Puede elegir más de una opción.

- a. No se utilizó ningún criterio.
  - b. La localización de fuentes de agua naturales o la posibilidad de realizar pozos.
  - c. Facilidades para el arreo y movimiento de animales.
  - d. Separar sitios de mayor preferencia por parte del animal.
  - e. Separar comunidades vegetales (e.g., Coironales son buenos para cuadros de invernada).
  - f. Desconozco.
  - g. No recuerdo.
  - h. Otro. Especificar.
4. Si pudiera rehacerlo ¿Qué elementos tendría en cuenta? Puede elegir más de una opción.
    - a. La localización de fuentes de agua naturales o la posibilidad de realizar pozos.
    - b. Facilidades para el arreo y movimiento de animales.
    - c. Separar sitios de mayor preferencia por parte del animal.
    - d. Separar ambientes (e.g., Coironales, mallines, arbustales).
    - e. Predadores (amenaza de zorros, pumas y/o perros).
    - f. Lograr un pastoreo parejo del cuadro.
    - g. Haría más subdivisiones para mejorar el manejo.
    - h. Abigeato.
    - i. Otro.

5. Solo si ha elegido "Separar ambientes" en la pregunta anterior responder: ¿Qué beneficio cree que tendría? Puede elegir más de una opción.

- a. Descanso del pastizal.

- b. Evitar sobrepastoreo.
- c. Utilizar pastizal poco consumido.
- d. Beneficiar alguna categoría con un mejor pastizal.
- e. Desconozco si existen beneficios.
- f. Otro.

Si lo desea, escriba cualquier aclaración sobre las preguntas previas.

Considerando las fuentes de agua permanente en cada uno de los cuadros seleccione una opción en cada pregunta:

6. La distancia predominante entre fuentes de agua permanente es:
  - a. Menor a 1,5 km.
  - b. Entre 1,5 y 4 km.
  - c. Más de 4 km.
  - d. No sabe/No contesta.
7. El número de hectáreas predominante por fuente de agua permanente es:
  - a. Menor a 200 ha.
  - b. Entre 200 y 1600 ha.
  - c. Más de 1600 ha.
  - d. No sabe/No contesta.
8. ¿Qué disposición predominante tienen las fuentes de agua en los cuadros?
  - a. Esquineros.
  - b. Laterales.
  - c. Otro lugar.
  - d. No lo sé.

Si lo desea, escriba cualquier aclaración sobre las preguntas previas.

9. ¿Cómo calificaría el uso de los cuadros más grandes por parte de los animales?
  - a. Parejo.
  - b. Desparejo. Con sectores sobrepastoreados.
  - c. Desparejo. Con sectores subutilizados.
  - d. Desparejo. Con sectores sobrepastoreados y otros subutilizados.
  - e. Desconozco.
  - f. Otro:
- 9b. En el caso que la respuesta NO haya sido “a. Parejo” ni “e. Desconozco” consultar: ¿a qué factor/es atribuye el pastoreo heterogéneo? Puede elegir más de una opción.
  - a. Falta de fuentes de agua.
  - b. Sitios preferidos.
  - c. Influencia del viento.
  - d. Tamaño de los cuadros.
  - e. Presencia de predadores (zorros, pumas y/o perros).
  - f. Desconozco los factores.
  - g. Otro:
- 9c. ¿Qué importancia tiene el problema del pastoreo desparejo?
  - a. 1. No es un problema.
  - b. 2. Es un problema que afecta algunos sitios puntuales.
  - c. 3. Es un problema en varios cuadros, pero no requiere atención inmediata.
  - d. 4. Es un problema en varios cuadros que requiere atención.
  - e. 5. Es uno de los problemas más importantes del establecimiento.
  - f. Otro:
10. ¿Usa alguna estrategia para lograr que el uso del cuadro sea parejo por parte de los animales? Puede elegir más de una opción en el caso que use estrategias.
  - a. No.
  - b. Separar sitios o ambientes naturales (e.g., mallines).

- c. Subdivisión de cuadros.
  - d. Realizar repuntes periódicos para trasladar las majadas a sitios poco utilizados.
  - e. Nuevas aguadas.
  - f. Combinar especies y/o categorías animales.
  - g. Bloques nutricionales.
  - h. Otro:
11. ¿Qué limitaciones encuentra para la aplicación de estrategias que logren un uso parejo del pastizal? Puede elegir más de una opción en el caso que encuentre limitaciones.
- a. No observa limitaciones.
  - b. Costos.
  - c. Desconocimiento de alternativas.
  - d. Otras prioridades.
  - e. Dificultades en la aplicación (e.g., Presencia de cañadones dificulta instalación de alambrados).
  - f. Falta de tiempo.
  - g. Falta de recurso humano capacitado.
  - h. Otro:
- Si lo desea, escriba cualquier aclaración sobre las preguntas previas
12. ¿Combina especies y/o categorías animales en los cuadros? Puede elegir más de una opción en el caso que realice combinaciones.
- a. No.
  - b. Vacunos - ovinos.
  - c. Ovejas madre - borregas.
  - d. Ovejas madre - capones.
  - e. Ovejas madre - borregos.
  - f. Ovejas madre - capones - borregos.
  - g. Capones - borregos.
  - h. Otro.
13. ¿Realiza algún manejo diferenciado de los mallines? Puede elegir más de una opción en el caso que realice manejo diferencial.
- a. No. El campo posee poco o nada de superficie con mallines.
  - b. No se realiza ningún manejo diferencial.
  - c. Si. Se reservan para el verano para engorde.
  - d. Si. Se reservan para el verano para recuperación de las ovejas preservicio.
  - e. Si. Se reservan para su uso en otoño como flushing alimenticio preservicio.
  - f. Si. El mallín se usa para los vacunos todo el año.
  - g. Si. Corte para reserva forrajera.
  - h. Otros:
14. ¿Utilizó alguna vez bloques nutricionales? ¿Con qué objetivo?
- a. No.
  - b. Sí, para nutrición del animal.
  - c. Sí, para que utilicen sectores subpastoreados y para nutrición del animal.
15. ¿Realiza evaluación o chequeo de pastizales?
- a. No.
  - b. Sí. Como requisito de ley ovina.
  - c. Sí. Evaluación de pastizales todos los años.
  - d. Sí. Chequeos todos los años.
  - e. Sí. Evaluación o chequeos cada 2 años o más.
  - f. Otro:

Por favor, brinde un último comentario sobre algún aspecto de la encuesta que considere importante.

**Sentencia Ap.3.1:** Sentencias utilizadas en el software R para el análisis combinado de la respuesta de ovinos en 8 cuadros de pastoreo al sur de Santa Cruz.

```

# Solicitud de librería específica
require(MASS)
library(lme4)
library(nlme)
library(car)
library(spaMM)

# Preparación y organización de la base de datos
df8c <- read_excel("Datos8cuadros.xlsx")
df8c$CONTEOstd<-round(df8c$CONTEOstd, digits=0)
df8c$CUADROf<-factor(df8c$CUADRO)
df8c$INDIVf<-factor(df8c$INDIV)

# Análisis de correlaciones
CorrPearsondf8c <-
cor(df8c[c(14,18,22,25,28,31,35)],df8c[c(14,18,22,25,28,31,35)],use="complete.obs",method="pearson")
CorrSpearmandf8c <-
cor(df8c[c(14,18,22,25,28,31,35)],df8c[c(14,18,22,25,28,31,35)],use="complete.obs",method="spearman")
View(CorrPearsondf8c)
View(CorrSpearmandf8c)

# Evaluación de la significancia de correlaciones
cor.test(df8c$ALT,df8c$PTE, alternative="two.sided",method="pearson")
cor.test(df8c$PTE,df8c$NOR, alternative="two.sided",method="pearson")
cor.test(df8c$ALT,df8c$DAC, alternative="two.sided",method="pearson")
cor.test(df8c$DAL,df8c$DAC, alternative="two.sided",method="pearson")
cor.test(df8c$DAG,df8c$NOR, alternative="two.sided",method="pearson")
cor.test(df8c$DAG,df8c$DAC, alternative="two.sided",method="pearson")
cor.test(df8c$FJE,df8c$ALT, alternative="two.sided",method="pearson")
cor.test(df8c$FJE,df8c$DAC, alternative="two.sided",method="pearson")
cor.test(df8c$FJE,df8c$DAG, alternative="two.sided",method="pearson")
cor.test(df8c$DAG,df8c$ALT, alternative="two.sided",method="pearson")

# Planteo del modelo utilizando los cuadros como efecto aleatorio con individuos anidados en cuadros.
M8c=glmer(CONTEOstd ~ ALT*NOR*DAG*FJE +
           (1|CUADROf/INDIVf), family="negative.binomial" (0.06), data=df8c)

# Resultados del modelo planteado
# Análisis de los efectos fijos
summary(M8c)

```

```

# Estimación de coeficientes
ANOVA_M8c<-Anova(M8c,type="III")
View(ANOVA_M8c)

# Análisis de los efectos aleatorios dados por los cuadros
RANEF<-ranef(M8c)
View(RANEF)
plot(RANEF)

#Histograma de residuales
hist(residuals(M8c),col = "red", ylab = "Frecuencia", xlab = "Residuales")

#Relación con predichos
plot(fitted(M8c), residuals(M8c), xlab = "Predichos", ylab = "Residuales")
abline(h = 0, lty = 2)
plot(M8c)

# Estimación de intervalos de confianza
confint(M8c, parm="beta_ ", method="Wald")

# Resulevo el problema de los NA en la variable Nortitud
df8cNA<-df8c[complete.cases(df8c[ , "NOR"]),]

# Evalúo auto-correlación espacial de los residuos mediante variograma
library(gstat)
df8cNA$resid<-residuals(M8c)# Calculo de residuos y agrego columna
NewDF<-aggregate(resid~CUADROf+COOR_X+COOR_Y, data=df8cNA, mean)
sv<-variogram(NewDF$resid~1, data=NewDF, locations=~COOR_X+COOR_Y, cutoff=2800)
fvm<-fit.variogram(sv, vgm("Exp"))
plot(sv,fvm)

```

**Sentencia Ap.3.2:** Sentencias utilizadas en el software R para la elaboración de gráficas representativas de las interacciones significativas de tercer orden, correspondientes al análisis combinado de la respuesta de ovinos en 8 cuadros de pastoreo al sur de Santa Cruz.

```

# Ploteo de las interacciones de tercer orden ALT:DAL:FJE
## Especificación de objetos R altos y bajos de las variables predictoras moduladoras
zH <- mean(df8c$z) + sd(df8c$z)
zL <- mean(df8c$z) - sd(df8c$z)
wH <- mean(df8c$w) + sd(df8c$w)
wL <- mean(df8c$w) - sd(df8c$w)

## Especificación de objetos con coeficientes derivados del modelo
coef.int <- 0.008973
coef.x <- 0.294703
coef.z <- 0.08083242
coef.w <- 0.291779

```

```

coef.xz <- 0.431876
coef.xw <- 0.2222642
coef.zw <- 0.5047337
coef.xzw <- 0.6660903

## Creación de pendientes
zHwH <- coef.x + zH*coef.xz + wH*coef.xw + zH*wH*coef.xzw
zHwL <- coef.x + zH*coef.xz + wL*coef.xw + zH*wL*coef.xzw
zLwH <- coef.x + zL*coef.xz + wH*coef.xw + zL*wH*coef.xzw
zLwL <- coef.x + zL*coef.xz + wL*coef.xw + zL*wL*coef.xzw

## Creación de interceptos
i.zHwH <- coef.int + zH*coef.z + wH*coef.w + zH*wH*coef.zw
i.zHwL <- coef.int + zH*coef.z + wL*coef.w + zH*wL*coef.zw
i.zLwH <- coef.int + zL*coef.z + wH*coef.w + zL*wH*coef.zw
i.zLwL <- coef.int + zL*coef.z + wL*coef.w + zL*wL*coef.zw

## set de valores de x
x0 <- seq(min(df8c$x), max(df8c$x), length.out = 2)
df.HH <- data.frame(x0 = x0)
df.HH$y0 <- i.zHwH + df.HH$x0*zHwH
df.HH$type <- rep("zHwH", nrow(df.HH))
df.HL <- data.frame(x0 = x0)
df.HL$y0 <- i.zHwL + df.HL$x0*zHwL
df.HL$type <- rep("zHwL", nrow(df.HL))
df.LH <- data.frame(x0 = x0)
df.LH$y0 <- i.zLwH + df.LH$x0*zLwH
df.LH$type <- rep("zLwH", nrow(df.LH))
df_LL <- data.frame(x0 = x0)
df_LL$y0 <- i.zLwL + df_LL$x0*zLwL
df_LL$type <- rep("zLwL", nrow(df_LL))

## Creación de data.frame final
df.pred <- rbind(df.HH, df.HL, df.LH, df_LL)

## Remoción de data.frames innecesarios
rm(df.HH, df.HL, df.LH, df_LL)

## Librería para gráficos
library(ggplot2)

## Conversión de 'type' a factor
df.pred$type <- factor(df.pred$type)
df.pred$type

## Ploteo
ggplot(df.pred, aes(x = x0, y = y0)) + geom_line(aes(colour = type, linetype = type)) +
  theme_bw() + theme(panel.background = element_rect(fill="white"))

```

```
theme(legend.key = element_blank()) + theme(text = element_text(size = 15)) +
scale_colour_manual(name = "Efectos parciales", labels = c("+ DAL + FJE",
"+ DAL - FJE", "- DAL + FJE", "- DAL - FJE"), values = c("#E41A1C",
"#E41A1C", "#377EB8", "#377EB8")) + labs(x = "ALT", y = "Conteo geoposiciones") +
scale_linetype_manual(name = "Efectos parciales", labels = c("+ DAL + FJE", "+ DAL - FJE",
"- DAL + FJE", "- DAL - FJE"), values = c("solid", "longdash", "solid", "longdash"))
```

**Cuadro Ap.3.4.** Calidad forrajera de las fracciones verde y seca del pastizal natural en los 8 cuadros de pastoreo bajo estudio. Las variables se expresan en porcentajes. PB: Proteína bruta; DMS: Digestibilidad de la materia seca. Entre paréntesis se presentan los desvíos estándares.

Cuadro	Comunidad	Fracción verde	Fracción seca	PB verde	PB seco*	DMS verde	DMS seco*
Las Casas	Mat de MV	22,5 (6,0)	77,5 (6,0)	11,1 (0,6)	3,1	62,4 (7,1)	50,7
	Estepa gram	19,5 (3,9)	80,5 (3,9)	13,0 (0,7)	5,9	75,7 (3,7)	42,6
	Coironal	16,9 (4,4)	83,1 (4,4)	14,3 (2,6)	5,3	65,1 (12,1)	53,4
Puente	Vega	16,3 (10,2)	83,7 (10,2)	10,2 (2,9)	6,6	61,6 (4,9)	52,1
	Estepa gram	36,7 (11,2)	63,3 (11,2)	11,7 (2,1)	6,7	76,0 (3,3)	61,0
	Coironal	23,1 (2,5)	76,9 (2,5)	9,3 (1,3)	4,5	74,4 (1,8)	54,5
Borregas Sur	Estepa gram	15,7 (4,0)	84,3 (4,0)	14,0 (1,5)	3,8	72,2 (4,1)	56,9
	Estepa gram subarb	13,8 (1,2)	86,2 (1,2)	18,5 (2,3)	3,1	65,3 (10,2)	57,4
	Coironal	12,6 (0,7)	87,4 (0,7)	13,8 (1,8)	4,8	71,3 (6,6)	54,0
Cerro Negro	Mat de MV alta	55,1 (6,4)	44,9 (6,4)	11,9 (1,3)	4,7	65,3 (10,8)	55,9
	Mat de MV baja	54,4 (1,4)	45,6 (1,4)	13,3 (3,7)	4,5	65,3 (9,2)	53,8
	Coironal	55,2 (3,1)	44,8 (3,1)	12,2 (0,7)	5,6	59,5 (1,0)	53,8
Montecarlo	Mat de MN	32,2 (8,9)	67,8 (8,9)	8,4 (0,7)	4,6	73,2 (0,2)	60,3
	Vega Húmeda	6,9 (1,2)	93,1 (1,2)	9,0 (1,5)	4,5	75,0 (9,2)	49,1
	Vega Seca	7,8 (5,5)	92,2 (5,5)	7,9 (0,6)	3,7	75,3 (1,2)	52,6
	Estepa gram	34,2 (8,1)	66,0 (8,1)	8,9 (0,5)	5,8	73,4 (3,4)	61,4
West Ruta	Mat de MV	34,6 (1,4)	65,4 (1,4)	7,8 (0,1)	4,3	74,6 (3,3)	55,8
	Coironal	39,3 (8,9)	60,7 (8,9)	9,8 (1,3)	4,6	75,9 (3,4)	59,1
	Estepa gram	33,8 (16,0)	66,2 (16,0)	12,3 (0,8)	7,9	76,9 (3,8)	56,4
Maragata	Coironal	42,6 (14,5)	57,4 (14,5)	11,1 (0,9)	5,27	61,3 (1,1)	50,5
	Estepa gram	60,3 (8,1)	39,7 (8,1)	12,9 (2,0)	6,8	61,8 (3,5)	34,6
	Estepa subarb	58,1 (2,3)	41,9 (2,3)	12,4 (1,0)	6,3	68,2 (9,5)	44,5
La Faja	Vega Seca	53,2 (9,7)	46,8 (9,7)	11,4 (1,9)	5,7	75,9 (2,0)	65,7
	Vega Húmeda	57,9 (16,9)	42,1 (16,9)	9,7 (1,6)	6,4	76,9 (1,1)	54,3
	Bosque	63,3 (12,6)	36,7 (12,6)	14,3 (3,1)	8,6	76,5 (2,7)	49,5
	Murtillar	36,1 (10,5)	63,9 (10,5)	8,4 (0,0)	4,5	76,7 (2,5)	45,4

Mat: Matorral; gram: graminosa; subarb: subarbustiva; MV: Mata Verde; MN: Mata Negra

\*En el caso de las fracciones secas no se presentan desvíos porque se realizó una sola muestra compuesta para toda la comunidad vegetal.

**Cuadro Ap.3.5.** Cobertura de suelo (%) de los 8 cuadros de pastoreo bajo estudio. Entre paréntesis se presentan los desvíos estándares.

	Cuadro	Comunidad	Suelo desnudo	Coirón	Sub-arbusto	Inter-coironal	Mantillo	Arbusto
Puente	Las Casas	Mat de MV	23,0 (16,3)	11,3 (12,4)	18,3 (6,7)	23,3 (5,3)	12,8 (2,5)	11,5 (5,7)
		Estepa gram	29,8 (11,3)	7,2 (6,8)	4,7 (0,6)	29,5 (5,7)	28,8 (11,6)	0,0 (0,0)
		Coironal	22,5 (3,5)	14,7 (4,2)	9,0 (8,9)	23,3 (5,3)	25,7 (9,0)	4,8 (8,4)
	Borregas Sur	Vega	0,2 (0,3)	2,7 (4,6)	6,5 (5,8)	85,7 (10,3)	5,0 (3,9)	0,0 (0,0)
		Estepa gram	4,0 (1,8)	4,7 (4,3)	5,5 (1,8)	75,0 (7,6)	10,8 (3,3)	0,0 (0,0)
		Coironal	2,5 (1,0)	33,5 (5,7)	8,0 (5,2)	49,5 (5,4)	6,5 (1,3)	0,0 (0,0)
Cerro Negro	Estepa gram	18,3 (1,1)	23,4 (4,0)	8,0 (5,6)	25,5 (2,5)	20,6 (2,1)	4,3 (3,7)	
		Estepa gram subarb	30,2 (4,6)	15,3 (5,1)	11,2 (5,4)	25,1 (3,5)	18,3 (0,8)	0,0 (0,0)
		Coironal	14,3 (3,1)	33,1 (6,0)	5,7 (3,2)	23,7 (4,0)	21,3 (1,8)	2,1 (3,6)
	Mat de MV alta	13,8 (4,4)	25,8 (2,1)	1,5 (1,3)	31,3 (7,8)	12,0 (3,0)	15,5 (9,6)	
		Mat de MV baja	18,3 (5,9)	18,7 (16,9)	0,7 (1,2)	22,7 (6,5)	12,8 (3,5)	26,8 (14,4)
		Coironal	7,0 (1,0)	30,7 (2,5)	2,7 (1,4)	38,7 (4,2)	20,7 (1,6)	0,3 (0,3)
Montecarlo	Mat de MN	25,2 (10,5)	9,9 (4,8)	5,1 (4,6)	4,3 (2,8)	8,3 (4,7)	47,3 (7,2)	
		Vega Húmeda	19,5 (3,5)	11,5 (2,8)	1,5 (1,4)	44,0 (0,7)	23,5 (4,2)	0,0 (0,0)
		Vega Seca	3,7 (4,1)	29,7 (11,7)	1,2 (1,0)	50,5 (28,1)	15,0 (12,6)	0,0 (0,0)
	Estepa gram	33,4 (5,6)	10,0 (5,1)	20,0 (9,3)	15,4 (7,4)	18,6 (6,4)	2,5 (1,3)	
		Mat de MV	0,0 (0,0)	40,7 (13,5)	5,3 (1,5)	15,0 (8,3)	8,3 (0,8)	30,7 (7,3)
		Coironal	0,0 (0,0)	59,3 (7,1)	3,2 (2,0)	17,8 (4,9)	4,5 (0,5)	15,2 (10,8)
Maragata	Estepa gram	0,3 (0,6)	1,2 (1,3)	7,3 (9,3)	74,2 (11,4)	14,7 (9,0)	2,3 (4,0)	
		Coironal	13,8 (6,0)	25,0 (3,5)	11,5 (4,2)	35,3 (1,8)	14,5 (0,0)	0,0 (0,0)
		Estep gram	7,3 (2,3)	21,8 (10,1)	4,3 (6,3)	50,8 (17,2)	15,7 (5,3)	0,0 (0,0)
	Estepa subarb	14,8 (5,1)	15,3 (8,6)	13,8 (10,6)	37,5 (11,7)	18,7 (4,1)	0,0 (0,0)	
		Vega Seca	2,2 (1,5)	0,7 (1,2)	4,0 (4,0)	82,8 (10,7)	10,3 (8,5)	0,0 (0,0)
		Vega Húmeda	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	96,8 (2,9)	3,2 (2,9)	0,0 (0,0)
La Faja	Bosque	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,5 (0,9)	85,0 (7,3)	13,7 (5,8)	0,8 (1,0)	
	Murtillar	17,8 (13,8)	6,3 (7,4)	39,5 (6,4)	18,5 (14,1)	17,8 (1,8)	0,3 (0,4)	

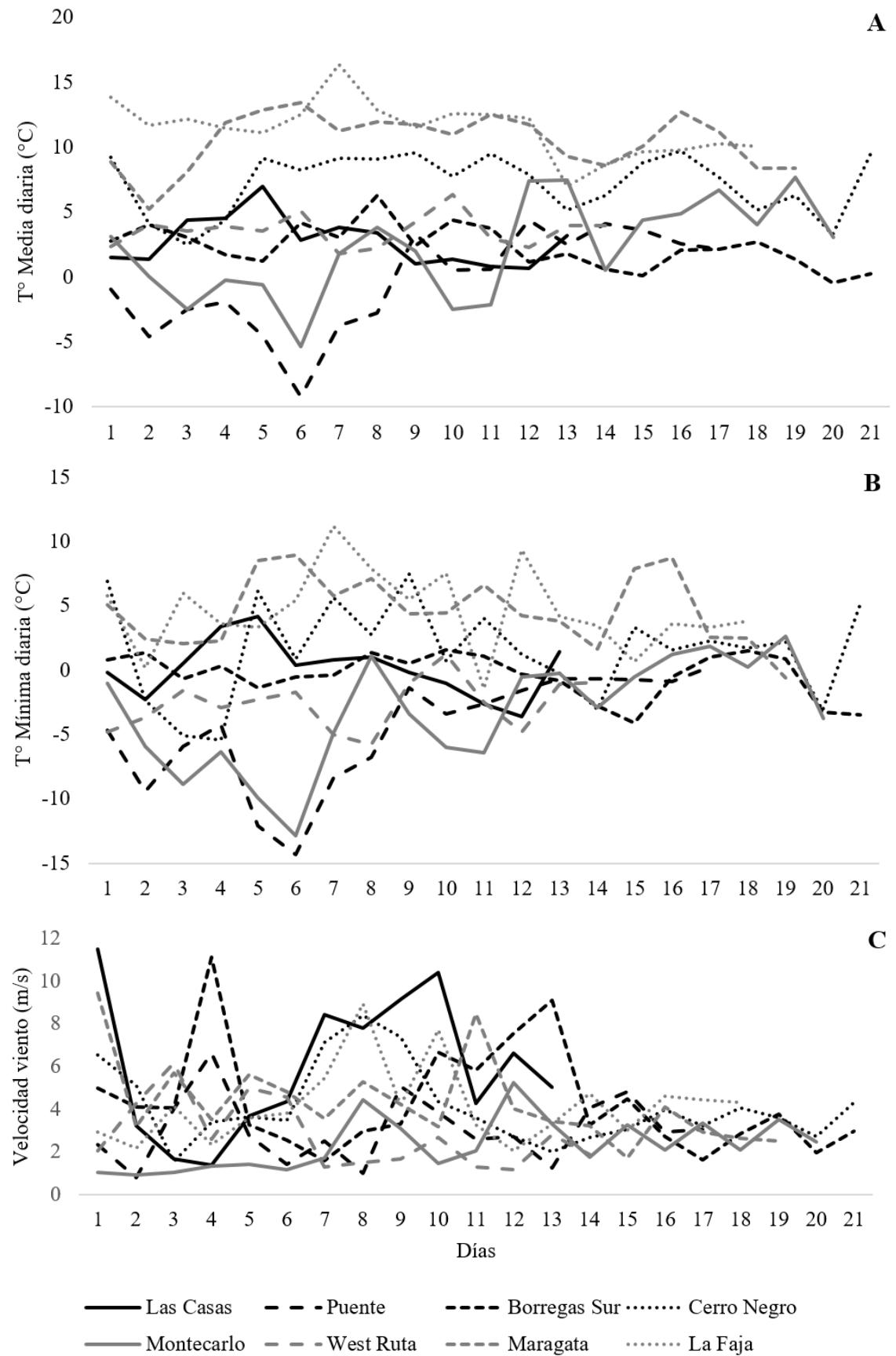
Mat: Matorral; gram: graminosa; subarb: subarbustiva; MV: Mata Verde; MN: Mata Negra

**Cuadro Ap.3.6.** Precipitación acumulada diaria (mm) en los 8 cuadros bajo estudio en el sector sur de la provincia de Santa Cruz. En verde se destacan precipitaciones  $> 0 < 3$  mm y en azul precipitaciones  $> 3$  mm.

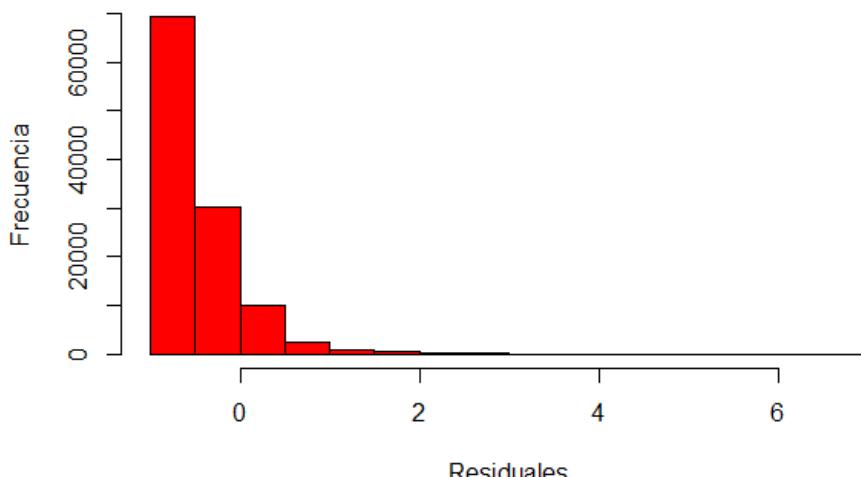
	Días desde la colocación de los collares GPS																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Las Casas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Puente	0	0	0	0	0	0	1,8	0	0	0	0	0	5,6	0,2	0	0	0	0	0	0	0
Borregas	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	5,4	9,3	6,3
Cerro	0	0	0	0	0,3	0,9	0,3	1,1	0	0	0	0	0,2	0,2	0	0	0	0	1,5	0	0,5
Montecarlo	0,6	0,3	0,2	0	0	0	2,9	2,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0	0
West Ruta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maragata	0	1,2	0	0,4	0	0	0,4	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0
La Faja	0	0,2	0	0,3	0,2	0	1,2	0	0	0,9	0,3	0,3	3,9	2,6	0,3	2,0	0	1,5	0	0	0

**Cuadro Ap.3.7.** Correlaciones entre las variables cuantitativas estandarizadas bajo métodos Pearson y Spearman. Las correlaciones mayores a 0,1 se destacan mediante sombreado gris.

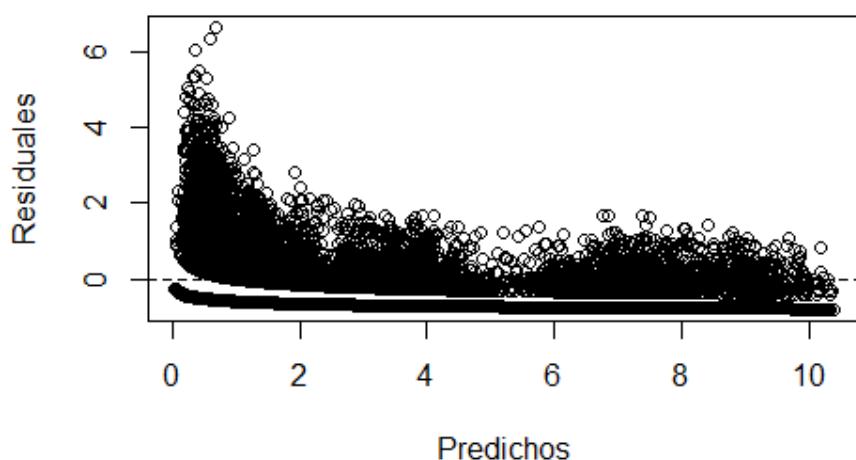
	Pearson							Spearman						
	ALT	PTE	NOR	DAL	DAC	DAG	FJE	ALT	PTE	NOR	DAL	DAC	DAG	FJE
ALT	1	0.17	-0.01	0.03	-0.21	0.09	-0.22	1.00	0.17	0.02	0.03	-0.24	0.23	-0.15
PTE		1	0.10	-0.04	-0.05	-0.02	-0.08		1	0.11	0.03	0.00	-0.02	0.09
NOR			1	0.02	-0.03	-0.10	0.08			1	0.02	-0.02	-0.08	0.10
DAL				1	-0.26	-0.03	-0.09				1	-0.21	0.05	-0.02
DAC					1	0.23	0.14					1	0.10	0.20
DAG						1	-0.32						1	-0.36
FJE							1							1



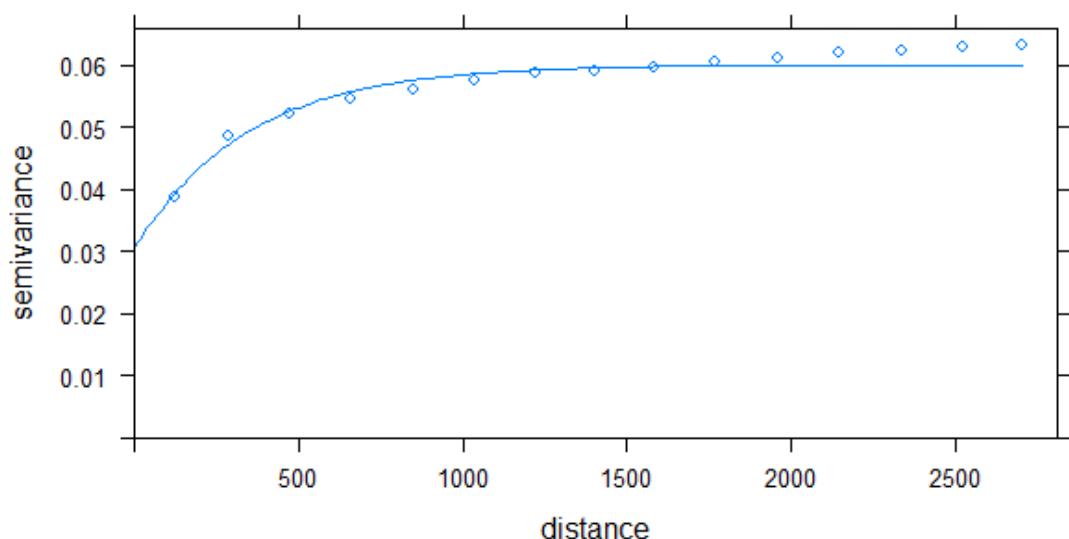
**Figura Ap.3.10.** Temperatura media diaria (A), Temperatura mínima diaria (B) y Velocidad de viento media diaria (C) en los 8 cuadros bajo estudio en el sector sur de la provincia de Santa Cruz.



**Figura Ap.3.14.** Frecuencia de valores residuales bajo el modelo de respuesta ovino sobre los 8 cuadros de pastoreo bajo estudio.



**Figura Ap.3.15.** Relación de los residuos con los predichos bajo el modelo de respuesta ovino sobre los 8 cuadros de pastoreo bajo estudio.



**Figura Ap.3.16.** Variograma empírico de la auto-correlación de los residuos para el modelo de respuesta ovino sobre los 8 cuadros de pastoreo bajo estudio.

**Sentencia Ap.4.1: Sentencias utilizadas en el software R para el análisis de los patrones de distribución espacial:**

```

# Carga de librerías necesarias
library(data.table)
library(dplyr)
library("adehabitatLT")
library("adehabitatHR")
library(rgdal)
library(sp)

# Solicitud de datos
MyData <- read.csv("collarX.csv", header=TRUE, sep=",") 

# Transformación de columna “fecha” a POSIXct
MyData$fecha1<-as.Date(MyData$fecha,format="%d/%m/%Y
%H:%M",tz="America/Argentina/Buenos Aires")
MyData$fecha1<-as.POSIXct(MyData$fecha,format="%d/%m/%Y
%H:%M",tz="America/Argentina/Buenos_Aires")
MyData$fecha2<-
as.POSIXct(MyData$fecha,format="%d/%m/%Y",tz="America/Argentina/Buenos_Aires")

# Llamada al ejemplo de collar C1
MyData$ID="C1"

# Se corre la función ltraj definiendo ltraj1
ltraj1<-as.ltraj(xy = MyData, date = MyData$fecha1, id = MyData$ID)

# Remoción de eventuales datos vacíos
ltraj_res<-ltraj1[[1]][complete.cases(ltraj1[[1]]), ]

# Definición del número de día a partir de la primera fecha de la primera fila
ltraj_res$NDia<-floor(as.numeric((ltraj_res$date-ltraj_res$date[1]),units="days"))+1

# Definición de la velocidad a partir de dist/dt
ltraj_res$vel<-ltraj_res$dist/ltraj_res$dt

# Cálculo de la distancia media por día
dist_per_day<-aggregate(ltraj_res$dist, by=list(ltraj_res$NDia), sum)
colnames(dist_per_day)[1] <- "Dia"
colnames(dist_per_day)[2] <- "dist_med"
Dist<-as.data.frame(dist_per_day)
View(Dist)

# Cálculo de la velocidad media por día
vel_med_per_day<-aggregate(ltraj_res$vel, by=list(ltraj_res$NDia), mean)
colnames(vel_med_per_day)[1] <- "Dia"
colnames(vel_med_per_day)[2] <- "Vel_med"
Veloc<-as.data.frame(vel_med_per_day)
View(Veloc)

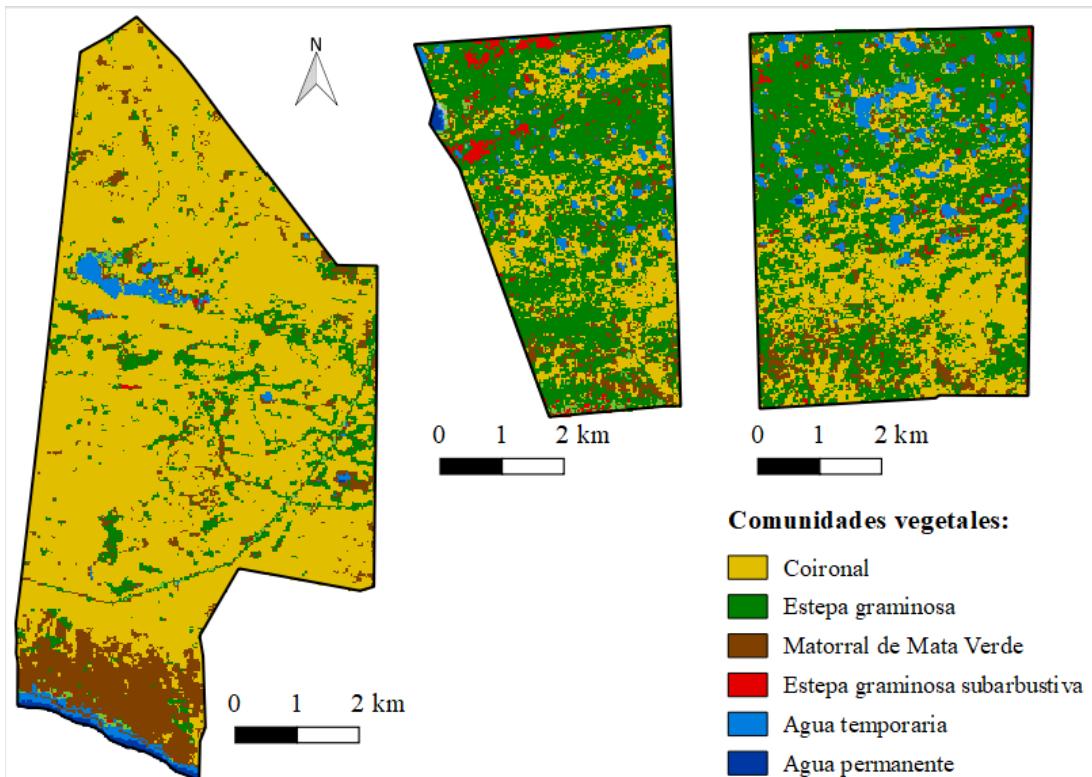
```

## # Cálculo de Polígono Convexo Mínimo diario

```

xy_ltraj<-ltraj_res[,c("x","y","NDia")]
coordinates(xy_ltraj)<- c("x","y")
xy_ltraj_mcp<-as.data.frame(mcp(xy_ltraj,percent=95)[c("id","area")])
colnames(xy_ltraj_mcp)[1] <- "Dia"
colnames(xy_ltraj_mcp)[2] <- "mcp_area"
MCP<-as.data.frame(xy_ltraj_mcp)
View(MCP)

```



**Figura Ap.4.5.** Comunidades vegetales en cuadros Las Casas (izquierda), Borregas Sur (centro) y Capones Sur (derecha), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz.

**Cuadro Ap.4.6.** Análisis de la varianza entre tratamientos

**Distancia recorrida:**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Distancia recorrida	4	0,36	0,04	10,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1650582,56	1	1650582,56	1,13	0,3984
Tratamiento	1650582,56	1	1650582,56	1,13	0,3984
Error	2910650,91	2	1455325,45		
Total	4561233,47	3			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5186,12218

Error: 1455325,4525 gl: 2

Tratamiento	Medias	n	E.E.
MRP	10654,35	2	853,03 A
MPC	11939,10	2	853,03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Velocidad de desplazamiento:

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Velocidad de desplazamiento	4	0,16	0,00	16,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,0E-04	1	2,0E-04	0,37	0,6051
Tratamiento	2,0E-04	1	2,0E-04	0,37	0,6051
Error	1,1E-03	2	5,3E-04		
Total	1,3E-03	3			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09902

Error: 0,0005 gl: 2

Tratamiento	Medias	n	E.E.
MRP	0,13	2	0,02 A
MPC	0,15	2	0,02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Área explorada:

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Área explorada	4	0,86	0,79	10,26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	33470,70	1	33470,70	11,98	0,0743
Tratamiento	33470,70	1	33470,70	11,98	0,0743
Error	5586,03	2	2793,01		
Total	39056,73	3			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=227,19518

Error: 2793,0125 gl: 2

Tratamiento	Medias	n	E.E.
MRP	423,50	2	37,37 A
MPC	606,45	2	37,37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Área explorada relativa:

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Área explorada relativa	4	0,54	0,30	12,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,84	1	7,84	2,31	0,2682
Tratamiento	7,84	1	7,84	2,31	0,2682
Error	6,80	2	3,40		
Total	14,64	3			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,92688

Error: 3,4000 gl: 2

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
MPC	13,10	2	1,30	A
MRP	15,90	2	1,30	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Permanencia en área de bebida:

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Permanencia en área de beb..	4	0,01	0,00	87,65

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8,70	1	8,70	0,01	0,9176
Tratamiento	8,70	1	8,70	0,01	0,9176
Error	1272,13	2	636,06		
Total	1280,83	3			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=108,42079

Error: 636,0625 gl: 2

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
MRP	27,30	2	17,83	A
MPC	30,25	2	17,83	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Frecuencia de bebida:

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Frecuencia de bebida	4	0,04	0,00	44,19

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	1	0,01	0,08	0,8039
Tratamiento	0,01	1	0,01	0,08	0,8039
Error	0,25	2	0,13		
Total	0,26	3			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,51991

Error: 0,1250 gl: 2

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
MRP	0,75	2	0,25	A
MPC	0,85	2	0,25	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Actividad de pastoreo:

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Actividad de pastoreo	4	0,79	0,68	4,90

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	35,40	1	35,40	7,33	0,1137
Tratamiento	35,40	1	35,40	7,33	0,1137
Error	9,66	2	4,83		
Total	45,07	3			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,45037

Error: 4,8325 gl: 2

Tratamiento	Medias	n	E.E.
MRP	41,85	2	1,55
MPC	47,80	2	1,55

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### **Actividad de descanso:**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Actividad de descanso	4	0,52	0,28	19,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	104,04	1	104,04	2,18	0,2777
Tratamiento	104,04	1	104,04	2,18	0,2777
Error	95,36	2	47,68		
Total	199,40	3			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=29,68457

Error: 47,6800 gl: 2

Tratamiento	Medias	n	E.E.
MPC	29,70	2	4,88
MRP	39,90	2	4,88

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### **Actividad de traslado:**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Actividad de traslado	4	0,26	0,00	24,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

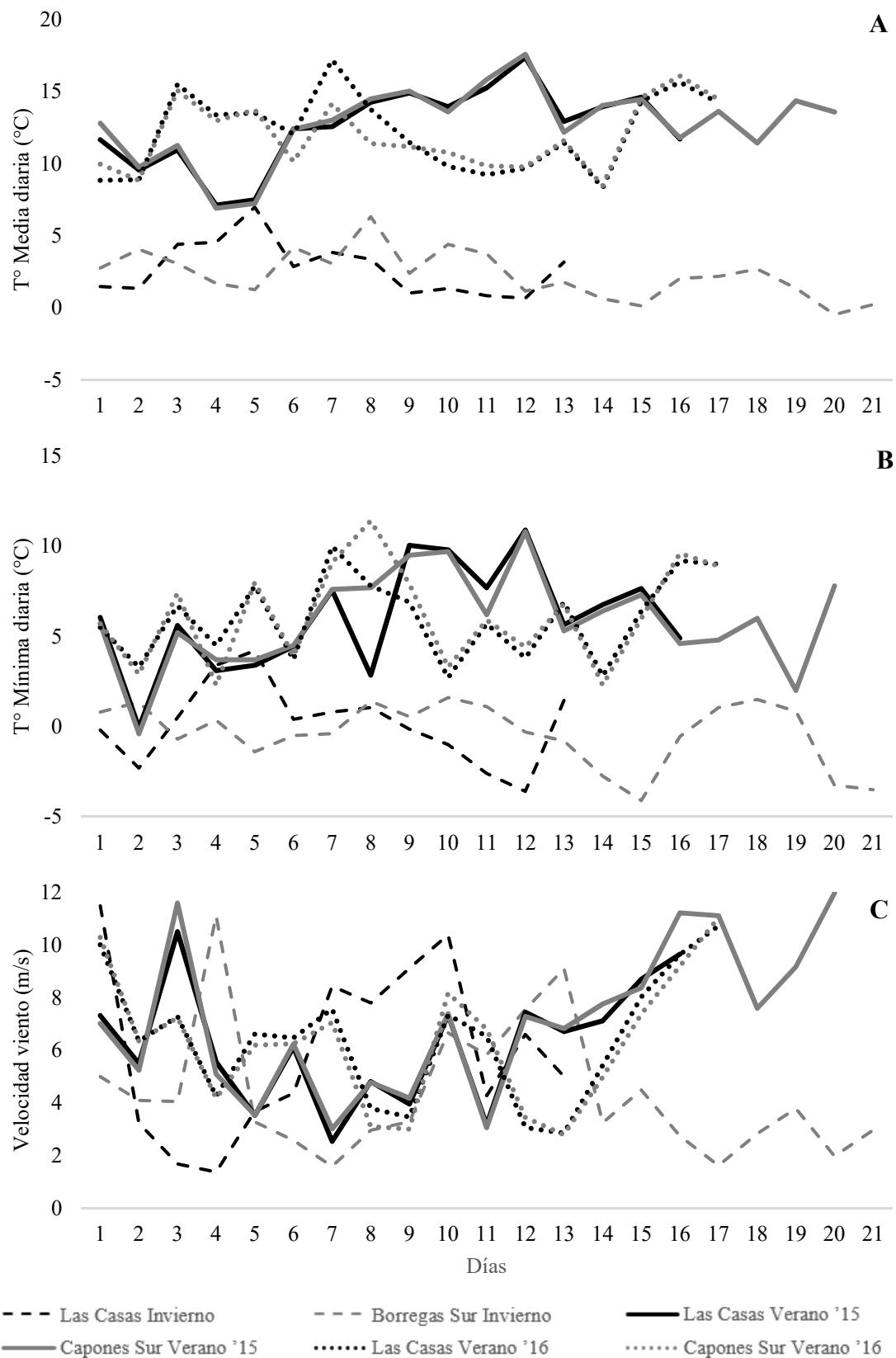
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	17,22	1	17,22	0,69	0,4928
Tratamiento	17,22	1	17,22	0,69	0,4928
Error	49,73	2	24,86		
Total	66,95	3			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=21,43557

Error: 24,8625 gl: 2

Tratamiento	Medias	n	E.E.
MRP	18,30	2	3,53
MPC	22,45	2	3,53

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



**Figura Ap.4.6.** Temperatura media diaria (A), Temperatura mínima diaria (B) y Velocidad de viento media diaria (C) en los 6 períodos bajo estudio (tres períodos por tratamiento), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz.

**Cuadro Ap.4.7.** Precipitación acumulada diaria (mm) en los tres períodos bajo estudio de cada tratamiento (MPC - Manejo de Pastoreo Continuo y MRP - Manejo Rotativo Planificado), Ea. Los Pozos, provincia de Santa Cruz. En verde se destacan precipitaciones mayores a 0 mm y en azul precipitaciones mayores a 3 mm.

		Días desde la colocación de collares GPS																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
MPC	Invierno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Verano '15	1	0	0,9	0,8	2,0	0	4,4	0,8	0	2,9	0	0,8	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0
	Verano '16	0	0	2,4	0	0	0,6	6,0	0	6,0	0,3	9,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MRP	Invierno	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	5,4	9,3	6,3
	Verano '15	0,3	0	3,3	1,2	2,1	0	6,0	0,3	0,3	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Verano '16	0,3	16,5	1,2	3,3	0	14,1	0	0	0	0,3	0	0,3	31,8	0,3	1,2	0	2,1	0	0	0	0

**Cuadro Ap.5.3.** Participación de los diferentes componentes en la elaboración de bloques multinutricionales utilizados a campo en Ea. El Milagro, Santa Cruz.

Componente	Porcentaje (%)
Azúcar	25
Urea	10
Cal	10
Avena molida	30
Pellet Girasol	20
Yeso (Magnesio + Calcio)	1
Sales minerales*	4

\*Prelac Magnesio AP. Contenido: Calcio (216 g), Cloro (42 g), Sodio (27 g), Magnesio (26,4 g), Fósforo (2,16 g), Zinc (1255 mg), Manganese (1067 mg), Hierro (697 mg), Cobre (152 mg), Yodo (17 mg), Cobalto 3,5 mg), Selenio (1,5 mg) y Excipientes c.s.p. (1000 g).

**Cuadro Ap.5.4.** Parámetros promedio (desvío estándar) de calidad evaluados sobre bloques multinutricionales utilizados a campo en Ea. El Milagro, Santa Cruz.

Análisis	Resultado
Materia Seca (%)	97,3 (0,4)
Proteína bruta (%)*	43,6 (3,7)
Fibra detergente neutro (%)*	15,3 (1,7)
Digestibilidad materia seca (%)	77 (1,3)
Energía metabólica (Mcal/kg MS)	2,77 (0,06)

\*Expresados como porcentaje sobre materia seca

**Cuadro Ap.5.5.** Variables de consumo y visitas sobre bloques multinutricionales en el tratamiento con bloques para ambos años de estudio, Ea. El Milagro, Santa Cruz.

		Norte	Sur
Consumo de bloques (kg/EOP/mes)	2015	1,64	2,49
	2016	0,24	0,09
Consumo de bloques (g/EOP/día)	2015	54,7	83
	2016	7,9	2,9
Frecuencia de visitas al área de bloques (1 vez cada X días)	2015	9	0
	2016	18,3	13
Porcentaje de ovejas con collar que visitaron el área de bloques	2015	66,6	0
	2016	100	100
Tiempo de permanencia en área de bloques (minutos)	2015	15	0
	2016	16,7	18,3