

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**VULNERABILIDAD Y CAPACIDAD DE RESPUESTA A LA
SEQUÍA DE LOS PRODUCTORES GANADEROS DE LAS
SIERRAS DEL ESTE (LAVALLEJA-URUGUAY)**

**por
Ismael DÍAZ ISASA**

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Doctor en Ciencias Agrarias

**Montevideo
URUGUAY
diciembre de 2018**

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Ing. Agr. Dra. Gabriela Cruz, Lic. Soc. Dra. Cristina Zurbriggen e Ing. Agr. Dr. Oscar Blumetto, el 21 de diciembre de 2018.
Autor: Lic. Geo. MSc. Ismael Díaz. Director Lic. Geo. Dr. Marcel Achkar, Co-director Lic. Bio. Dr. Néstor Mazzeo.

AGRADECIMIENTOS

A Marcel y Néstor, por acompañarme en este nuevo desafío, por la dedicación, el tiempo, los aportes, el optimismo, y por todo lo que aprendí de ellos.

A todos los productores y técnicos, que me abrieron las puertas de sus casas y compartieron conmigo su tiempo, sus experiencias y sus conocimientos.

A Carolina Crisci por su gran ayuda en la etapa de análisis de datos.

A Francisco Dieguez, por interesarse en mi trabajo, por sus aportes fundamentales y principalmente por su humildad para compartir sus conocimientos.

A Guzmán López, por su disponibilidad para colaborar siempre que lo necesité.

A los Compañeros de la DGDR, por su colaboración en las distintas fases de este proyecto. Principalmente a Esteban Bertinat y a Emiliano Guedes, quienes me ayudaron en todo el proceso.

A Feline Schön por su colaboración en las salidas de campo, y Ana Laura Mello por acompañarme en las salidas y por la lectura crítica y ayuda en los primeros capítulos.

A Alexandra, Emilia y Tandis, por su gran ayuda en la traducción de los artículos, sin ellas hubiese sido imposible finalizar esas etapas.

A la Comisión Académica de Posgrado (CAP-UDELAR) que apoyó este doctorado.

A los Compañeros del LDSGAT por su ayuda y compañía durante estos 15 años, y principalmente por todo lo que he aprendido y aprendo de ellos.

Al Rafa, por estar siempre para darme una mano en todo lo que necesité.

A mis Viejos, por la confianza, la incondicionalidad y el apoyo constante.

A Dani por estar siempre, por bancarse todos los momentos malos de este proceso, por ser siempre optimista y por darme fuerza para no abandonar. Sin ella esta tesis no sobrevivía la seca del 2015.

A Emi, por darme ganas de seguir adelante cuando todo iba mal y por todo el tiempo que no le dediqué.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	IX
SUMMARY.....	X
1. <u>INTRODUCCIÓN GENERAL</u>	1
1.1. GANADERÍA EN LAS SIERRAS DEL ESTE	5
1.2. VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA.....	7
1.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES Y OPERATIVAS	8
1.4. OBJETIVO DE LA TESIS	9
1.5. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN	10
1.6. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS	12
2. <u>FORZANTES NATURALES Y DE USO DEL SUELO DE LA PPNA DE LOS PASTIZALES NATURALES</u>	15
2.1 RESUMEN.....	15
2.2 SUMMARY	16
2.3 INTRODUCCIÓN.....	17
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.4.1 <u>Área de estudio</u>	19
2.4.2 <u>Estrategia de investigación</u>	21
2.4.2.1 Identificación de pastizales y productividad.....	22
2.4.2.2 Topografía y suelos	23
2.4.2.3 Precipitaciones	23
2.4.2.4 Actividad ganadera	24
2.4.2.5 Organización de la información.....	24
2.4.3 <u>Análisis de datos</u>	24

2.5	RESULTADOS	25
2.5.1	<u>Precipitaciones: distribución temporal</u>	25
2.5.2	<u>PPNA: variabilidad espacio-temporal</u>	27
2.5.3	<u>Controles de la variabilidad espacial de la PPNA</u>	29
2.5.3.1	Suelos y pendientes.....	29
2.5.3.2	Carga ganadera	30
2.5.4	<u>Variables explicativas del PPNA</u>	31
2.5.5	<u>Comportamiento diferencial del PPNA en eventos de sequía</u>	32
2.6	DISCUSIÓN.....	35
2.6.1	<u>PPNA y precipitaciones</u>	35
2.6.2	<u>PPNA y suelos</u>	36
2.6.3	<u>PPNA y carga ganadera</u>	37
2.6.4	<u>Comportamiento de la PPNA en eventos de sequía</u>	38
2.6.5	<u>Trayectoria histórica del sistema</u>	39
2.6.6	<u>PPNA y proceso de toma de decisión</u>	40
2.7	PERSPECTIVAS	41
3.	<u>CONTROLES INTERNOS QUE DETERMINAN LA VULNERABILIDAD Y LA CAPACIDAD DE RESPUESTA A LA SEQUÍA DE LOS PRODUCTORES GANDERO</u>	42
3.1	RESUMEN.....	42
3.2	SUMMARY	43
3.3	INTRODUCCIÓN.....	44
3.3.1	<u>Evaluación de la vulnerabilidad</u>	44
3.3.2	<u>Evaluación de la vulnerabilidad a la sequía</u>	45
3.4	MATERIALES Y MÉTODOS	47

3.4.1	<u>Área de estudio</u>	47
3.4.2	<u>Estrategia de investigación</u>	48
3.4.3	<u>Elaboración de la base de datos</u>	49
3.4.4	<u>Análisis de datos</u>	50
3.5	RESULTADOS	52
3.5.1	<u>Variables y atributos que condicionan la vulnerabilidad</u>	52
3.5.2	<u>Agrupamiento de productores</u>	53
3.6	DISCUSIÓN.....	56
3.7	CONCLUSIONES.....	64
4	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE PRODUCTORES GANADEROS EN DIFERENTES ESCENARIOS.....	65
4.1	RESUMEN.....	65
4.2	SUMMARY	66
4.3	INTRODUCCIÓN.....	67
4.3.1	<u>Vulnerabilidad a la sequía de los productores ganaderos de las cuencas de los arroyos Barriga Negra y Polanco</u>	68
4.4	METODOLOGÍA.....	71
4.4.1	<u>Escenarios posibles de la ganadería extensiva en las Sierras del Este</u> .	72
4.4.2	<u>Base y análisis de datos</u>	73
4.5	RESULTADOS	75
4.5.1	<u>Escenarios y capacidad de respuesta</u>	75
4.5.2	<u>Escenarios y grupos de productores</u>	77
4.6	DISCUSIÓN.....	80
4.7	CONCLUSIONES.....	84

5	<u>VULNERABILIDAD DE LOS PRODUCTORES GANADEROS DE LAS SIERRAS DEL ESTE-URUGUAY: INTERACCIONES ENTRE ACTORES Y AGENTES</u>	86
5.1	RESUMEN.....	86
5.2	SUMMARY	87
5.3	INTRODUCCIÓN.....	88
5.4	METODOLOGÍA.....	91
5.4.1	<u>Área de estudio</u>	91
5.4.2	<u>Estrategia de investigación</u>	91
5.4.3	<u>Relevamiento de información y análisis de redes</u>	93
5.4.4	<u>Cambios en la red</u>	94
5.4.5	<u>Análisis de datos</u>	96
5.5	RESULTADOS	96
5.5.1	<u>Características principales de la red</u>	96
5.5.2	<u>Forzantes externas de la red</u>	100
5.6	DISCUSIÓN.....	101
5.7	CONCLUSIONES.....	106
6	<u>DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES</u>	108
6.1	IMPLICANCIAS DE LA VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PASTIZALES.....	108
6.2	CAPACIDAD DE LOS PRODUCTORES PARA RESPONDER A LOS EVENTOS DE SEQUÍA.....	110
6.3	VARIABILIDAD DE LA VULNERABILIDAD EN FUNCIÓN DE LAS PRINCIPALES FORZANTES EXTERNAS.....	111
6.4	CONFIGURACIÓN ACTUAL DE LAS INTERRELACIONES ENTRE PRODUCTORES.....	114

6.5	PRINCIPALES INTERROGANTES	116
6.5.1	<u>Evolución de la vulnerabilidad</u>	116
6.5.2	<u>Vulnerabilidad y sustentabilidad</u>	118
6.5.3	<u>Aspectos a promover para reducir la vulnerabilidad</u>	119
6.5.4	<u>Planificación y ordenamiento del territorio</u>	121
6.6	CONCLUSIONES GENERALES	122
7	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	123
8	<u>ANEXOS</u>	140
8.1.	EXTERNAL DRIVERS AND INTERNAL CONTROL FACTORS THAT DETERMINE THE VULNERABILITY AND RESPONSE CAPACITY TO DROUGHT OF CATTLE PRODUCERS IN THE SIERRAS DEL ESTE REGION OF URUGUAY.....	140
8.2.	DROUGHT VULNERABILITY ASSESSMENT OF CATTLE PRODUCERS IN THE SIERRAS DEL ESTE-URUGUAY: INTERACTIONS BETWEEN ACTORS AND AGENTS	154

RESUMEN

En esta tesis se analizó la vulnerabilidad a la sequía de productores ganaderos de las Sierras del Este. Se evaluaron las principales forzantes y controles que determinan la vulnerabilidad, integrando diferentes dimensiones, escalas de análisis y diversas aproximaciones metodológicas. Se analizó i) el comportamiento espacio-temporal de la productividad primaria neta aérea de los pastizales y su vinculación con las características geofísicas y productivas de los predios ganaderos, ii) los controles internos que determinan la vulnerabilidad, analizando la capacidad de respuesta de los productores para afrontar la sequía, iii) el comportamiento de la vulnerabilidad en diversos escenarios y iv) las interacciones entre actores y agentes, y se evaluó la componente colectiva de la vulnerabilidad. Los principales resultados muestran que la vulnerabilidad responde a la interacción de forzantes de alta variabilidad y control nulo, y a numerosos controles internos. En general los productores han adoptado estrategias que generan notorios impactos y que se maximizan durante los eventos de sequía. Se detectó que la capacidad de los productores para responder a la sequía es baja y depende de condiciones biofísicas del predio, y económico-productivas y financieras de los productores. Se constató que la vulnerabilidad es dependiente de condiciones histórico-estructurales, pero que existe un margen de posibilidades para disminuir la vulnerabilidad de cada productor. Estas posibilidades son variables entre productores y dependen del contexto generado por la combinación de las principales forzantes. La configuración actual de las interacciones entre actores y agentes muestra la existencia de trampas de rigidez y de pobreza, y serias dificultades en la propagación y consolidación de prácticas adaptativas. La generación de capacidad de respuesta y la reducción de la vulnerabilidad estructural, resulta fundamental para no comprometer la sustentabilidad de un grupo de productores que presenta una vulnerabilidad con tendencia creciente. La estrategia metodológica propuesta permitió operativizar y evaluar la vulnerabilidad de los productores a la sequía, y presenta un marco aplicable a otras forzantes y controles, sistemas productivos y contextos geográficos.

Palabras claves: ganadería, pastizales, respuesta, interacciones, escenarios.

VULNERABILITY AND RESPONSE CAPACITY TO DROUGHT OF CATTLE PRODUCERS IN THE SIERRAS DEL ESTE (LAVALLEJA-URUGUAY)

SUMMARY

This thesis analyzes the drought vulnerability of cattle producers located in the Sierras del Este. The main drivers and controls that determine vulnerability were evaluated by integrating different dimensions, scales and various methodological approaches. It was analysed: i) the spatio-temporal behavior of the aboveground net primary productivity of the grasslands and its relationships with the geophysical and productive variables of the farms, ii) the controls that determine vulnerability by analyzing the behavior of the producers' response capacities to face the drought, iii) the behavior of vulnerability based on the variability of its main drivers, and iv) the interactions between actors and agents, and the collective and dynamic vulnerability component. The main results show that the vulnerability responds to the interaction of drivers (with high variability and zero control) and complex internal controls. Producers adopted strategies that generated notorious impacts, which are maximized during the drought. The capacity of the producers to respond to the drought is low and depends on the biophysical conditions of the farm, and economic-productive and financial conditions of the producers. It was found that vulnerability is largely dependent on structural conditions, but there is a margin of possibilities to reduce the vulnerability of each producer. These possibilities are variable among the producers and depend on the specific context generated by the combination of the main drivers. Interactions between actors and agents reveals the existence of rigidity and poverty traps and difficulties hindering the propagation and consolidation of adaptive practices. The generation of response capacity and with the reduction of structural vulnerability, is crucial to not compromise the sustainability of a group of producers that present a growing drought vulnerability. The methodological proposed in this thesis made it possible to operationalize and evaluate the vulnerability, and presents a provide a framework that could be applicable to other productive sectors, threats and geographical contexts.

Keywords: livestock, natural grasslands, response capacity, interactions, scenario

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La sustentabilidad de los agroecosistemas se encuentra íntimamente vinculada al mantenimiento de la estabilidad en el tiempo de sus condiciones y propiedades biofísicas, económicas y productivas (Altieri, 1996; Gliessman, 2000). Los agroecosistemas son propensos a ser afectados por diversas forzantes biofísicas y socioeconómicas, las cuales pueden comprometer su estabilidad y por tanto su sustentabilidad. De acuerdo al marco propuesto por Chapin et al. (2009), las forzantes externas pueden ocasionar cambios y modificaciones de la trayectoria del sistema hacia transformaciones intencionales o no intencionales. Comprender los factores internos (sensibilidad y capacidad de adaptación) y externos (exposición) que gobiernan la dinámica del sistema productivo resulta fundamental para avanzar en el diseño e implementación de acciones enfocadas a mantener la sustentabilidad de los agroecosistemas y/o transitar hacia transformaciones consideradas deseables o favorables.

Para el abordaje de estas problemáticas se viene desarrollando un marco teórico vinculado al concepto de vulnerabilidad. En las últimas décadas la vulnerabilidad se ha transformado en un concepto emergente para las ciencias climáticas y políticas, lo cual ha impulsado su desarrollo teórico (Cardona, 2003; Füssel y Klein, 2006). La diversidad de enfoques epistemológicos, ideológicos y de disciplinas involucradas, han determinado que la vulnerabilidad sea definida de diferentes formas y que se hayan propuesto diversos abordajes para su evaluación (Füssel, 2007; Gallopín, 2006; Luers, 2005; Soares et al. 2012), incluso en temáticas semejantes y para procesos similares. Soares et al. (2012), tomando como base lo propuesto por Eakin y Luers (2006) y O'Brien et al. (2007), sintetizan las diferencias clasificando los abordajes en tres perspectivas, biofísica (enfatisa en el análisis de la amenaza), social (analiza en qué medida cada componente del sistema es más vulnerable y por qué) e integrada (articula las dos anteriores, siendo la vulnerabilidad determinada por las condiciones biofísicas, sociales, económicas y políticas). Por otro lado, Füssel y Klein (2006) plantean que las evaluaciones de vulnerabilidad han transitado desde la identificación de potenciales impactos orientadas a la implementación de medidas de mitigación, a la definición y priorización de la

localización de los recursos para la implementación de medidas de adaptación. Además, han incorporado nuevas escalas de análisis, la consideración de factores no climáticos, los abordajes multidisciplinarios y han promovido un mayor involucramiento de los beneficiarios en el proceso de evaluación. Como resultado de este proceso, el análisis de la vulnerabilidad se ha ampliado, complejizado y ha generado grandes desafíos en su implementación.

En este recorrido ha tenido gran influencia los aportes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). El marco teórico y la definición adoptada por IPCC (McCarthy et al. 2001) ha tenido una gran repercusión en la comunidad científica internacional, aceptándose mayoritariamente su definición. El IPCC entiende a la vulnerabilidad como “El grado en que un sistema es susceptible a, o incapaz de lidiar con los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y sus extremos. La vulnerabilidad es función del carácter, magnitud y velocidad de variación climática al que un sistema es expuesto, su sensibilidad y su capacidad adaptativa”. Así, los atributos fundamentales de esta definición resultan ser la exposición: “naturaleza y el grado en que un sistema es expuesto a variaciones climáticas significativas”; la sensibilidad: “grado en que un sistema es afectado negativa o positivamente por estímulos climáticos”; y la capacidad adaptativa: “habilidad de un sistema para ajustarse al cambio climático, moderar potenciales perjuicios, tomar ventaja de las oportunidades o lidiar con las consecuencias” (McCarthy et al. 2001). En este sentido se asume a la exposición como forzante externa del sistema y a la sensibilidad y a la capacidad adaptativa como atributos principalmente internos (Füssel y Klein, 2006).

Estos tres componentes de la vulnerabilidad también suelen definirse y jerarquizarse de manera diferente en la literatura científica debido a diferencias ideológicas, teóricas y epistemológicas en primera instancia y a dificultades pragmáticas en la operativización de estos conceptos. Si bien la mayoría de las evaluaciones han considerado a la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa como factores claves, aun no es clara la importancia relativa de cada componente de la vulnerabilidad (Soares et al. 2012).

Sin embargo, la operativización del concepto para su inclusión en la elaboración de políticas requiere de su medición y cuantificación al menos de forma

relativa (Luers et al. 2003). Pero esta tarea ha resultado de gran dificultad debido a que la vulnerabilidad no es un fenómeno directamente observable (Downing et al. 2001), los sistemas a evaluar suelen presentar alta complejidad (Liu et al. 2007; Luers et al. 2003) debido a que depende de numerosos factores inter-relacionados y además presenta un comportamiento espacial y temporalmente dinámico (Cutter, 1996; Gibson et al. 2000; Luers, 2005; Rashed y Weeks, 2003).

Pese a lo anterior, han sido numerosas las evaluaciones cuantitativas de vulnerabilidad realizadas para diferentes sistemas. Dentro de ellas se han destacado las abordadas mediante la generación de índices de vulnerabilidad (por ejemplo: Adger 2006; Fussel y Klein 2006; Hahn et al. 2009; Sullivan, 2011). Esta aproximación es la más común debido a que suelen posibilitar una fácil interpretación y proveen una buena explicación de la contribución de los factores socioeconómicos y biofísicos, son de gran utilidad para el monitoreo y el estudio de tendencias, y son aplicables a diversas escalas espaciales y temporales (Gbetibouo y Ringler, 2009). Más allá de su utilización, y de los avances generados en este proceso de construcción, aun presentan limitaciones teóricas y operativas, principalmente asociados a la subjetividad sobre la elección, ponderación e integración de las variables (Luers et al. 2003), y por tanto de los resultados que genera. De acuerdo con Fussel (2010), todos los índices existentes de vulnerabilidad al cambio climático muestran debilidades conceptuales, metodológicas y empíricas sustanciales que incluyen la falta de enfoque, falta de un marco conceptual sólido, fallas metodológicas y problemas de acceso y manejo de los datos.

Otro aspecto no resuelto en los estudios de vulnerabilidad es que en general la han considerado como un fenómeno individual, independientemente de la escala a la cual se realice el estudio y el nivel de agregación del objeto analizado. En este sentido, ya sea a escala de individuo, sistema productivo, zona, región o país, en general se ha considerado que los factores que actúan y determinan la vulnerabilidad, suelen ser independientes del contexto de las otras unidades. Sin embargo, la consideración de atributos que excedan el ámbito individual e involucren interacciones de diversa naturaleza entre el actor individual y el conjunto de actores ha sido contemplada en uno de los atributos claves de la vulnerabilidad, como ser la capacidad de adaptación. Rockenbauch y Sakdapolrak (2017) reportan en su revisión

60 estudios en los cuales se ha considerado la componente colectiva de la capacidad de adaptación. Si bien estos abordajes se han realizado para estudios de resiliencia en comunidades rurales, la resiliencia es un concepto estrechamente vinculado al de vulnerabilidad (Chapin et al. 2009; Gallopín, 2006), dado que actualmente se lo entiende como el análisis conjunto de la capacidad de adaptación y la transformación de un sistema (Folke, 2016). En este sentido, los aportes generados en el marco de la resiliencia de los agroecosistemas, brinda un antecedente de relevancia para su inclusión en los análisis de vulnerabilidad.

Este proceso de construcción teórica y metodológica de las evaluaciones de vulnerabilidad, pese a que aún presenta aspectos a resolver principalmente en términos operativos, presenta una gran potencialidad para analizar el comportamiento y la trayectoria de un sistema en el contexto de sus características internas y de las forzantes externas.

La ganadería extensiva es la actividad agropecuaria de mayor importancia en Uruguay, y es una actividad clave para el desarrollo rural y nacional. Esto responde a su componente histórica en términos económicos, productivos, sociales, culturales y ambientales (Jacob, 1984). Particularmente, a su distribución territorial, al número de actores involucrados en su desarrollo, a su importancia para el abastecimiento del mercado interno y de la generación de divisas por exportación a mercados internacionales. La cría ganadera, caracterizada por el aprovechamiento de pastizales naturales, es la actividad más importante del agro nacional en términos de número de explotaciones, cabezas de ganado, población rural, trabajadores y superficie ocupada (Pereira, 2003). La actividad ganadera tiene a los productores familiares como actores centrales, dado que según las estimaciones de Tommasino y Bruno (2005), gestionan más del 79% de los establecimientos ganaderos, siendo en su gran mayoría productores criadores. A pesar de un descenso de esta cifra en los últimos años, las estimaciones en base al Censo General Agropecuario de 2011 plantean que supera el 55%. El mantenimiento de la actividad ganadera de cría y de los productores familiares ganaderos resulta imprescindible en términos económicos, sociales y ambientales, debido a las relaciones socio-económicas y culturales que implica, y a la vinculación con los recursos naturales que se desarrolla en este tipo y modo de

producir. Situación particularmente importante en zonas históricamente ganaderas criadoras, como es el caso de las Sierras del Este.

En este contexto, la presente tesis recurrirá al abordaje de la vulnerabilidad, aplicándola a un sector y a un territorio particular (ganadería extensiva en las Sierras del Este), que suelen ser altamente afectados por la incidencia de forzantes externas. En concordancia con Brooks (2003) y Füssel (2007, 2010), para describir la vulnerabilidad es necesario especificar el sistema vulnerable, los peligros a los que está expuesto, los atributos en riesgo de esta exposición y el período considerado. En este trabajo se analizará la incidencia de la sequía sobre los productores ganaderos las cuencas de los arroyos Polanco y Barriga Negra (Sierras del Este) (Figura 1), inicialmente para el período 2000-2015 y posteriormente en escenarios futuros.

1.1. GANADERÍA EN LAS SIERRAS DEL ESTE

La ganadería extensiva es una de las principales actividades agropecuarias de Uruguay considerando su superficie (más de 75% de la superficie agropecuaria del país), número de productores, establecimientos agropecuarios (más del 80% del total del país), y participación en las exportaciones (más del 29% del total) (DIEA, 2015). Si bien el clima uruguayo es templado y húmedo, la ocurrencia de sequías agronómicas es la amenaza meteorológica de mayor importancia (Cruz et al. 2014). Las últimas sequías (años 2006, 2008, 2009 y 2015) han generado pérdidas económicas de centenas de millones de dólares y han afectado a miles de productores ganaderos (OPYPA, 2016, 2009).

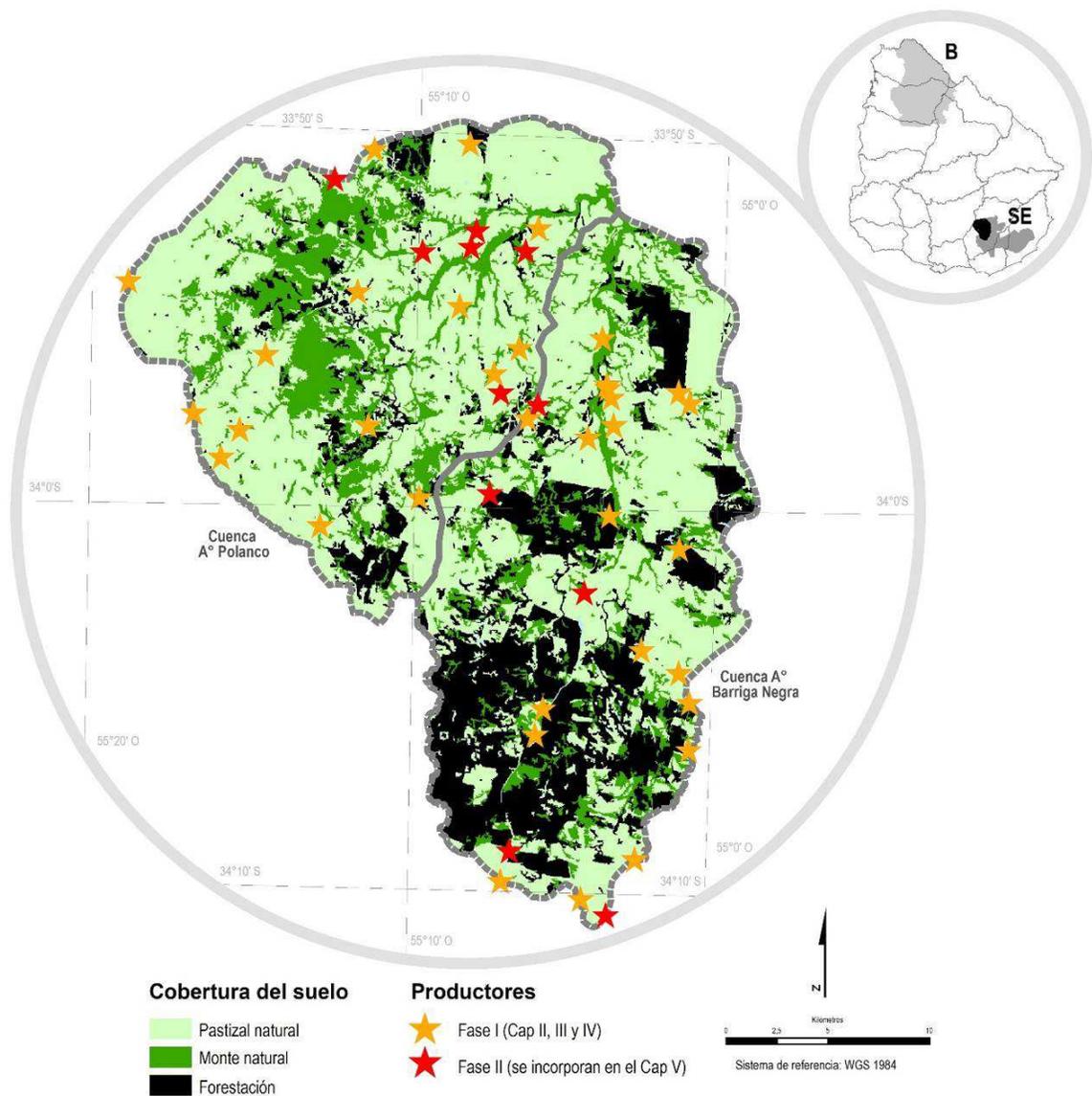


Figura 1.1. Área de estudio, cobertura del suelo dominante y localización de los productores analizados. Cuencas de los arroyos Polanco y Barriga Negra, Sierras del Este-Lavalleja. Se indica la localización del área de estudio y las regiones Sierras del Este (SE) y Basalto (B).

Una proporción muy alta de los productores ganaderos que desempeñan su actividad sobre pastizales naturales son particularmente vulnerables a los eventos de sequía debido a sus características y estrategias productivas, y también debido a la forma de tenencia de la tierra y a la superficie que gestionan. Adicionalmente, en términos generales y particularmente en los productores familiares, suelen tener

bajos niveles de producción determinados por un desbalance entre la producción de forraje y los requerimientos de los animales (Soca et al. 2013b) y además suelen presentar bajos niveles de adopción de tecnologías, incluso tecnologías desarrolladas y validadas décadas atrás y que no necesariamente tienen un alto costo económico (Albicette et al. 2017; Gómez y Saravia, 2016; Pereira, 2003). Adicionalmente, también suele ser baja la interacción entre productores lo que determina, entre otras dificultades, el acceso a información.

Si bien estos factores determinan la vulnerabilidad de los productores ganaderos de todo el país, la política pública en Uruguay ha determinado la existencia de dos regiones (la región del Basalto al norte del país y la región de las Sierras del Este) con mayores niveles de vulnerabilidad al cambio y la variabilidad climática, debido a sus características físicas y productivas (MGAP, 2012). En la misma línea, Gómez y Saravia (2016) plantean que la región Sierras del Este es una de las zonas del país de mayor vulnerabilidad, debido a un conjunto de factores geofísicos, sociales y económicos.

El presente trabajo es un aporte para identificar los atributos que condicionan la vulnerabilidad de los productores a la sequía como etapa fundamental para avanzar en la elaboración de políticas enfocadas a mantener la sustentabilidad de las unidades productivas. Se analizará la vulnerabilidad a la sequía porque, pese a no ser la única, es una amenaza de gran importancia en la zona que podría comprometer la sustentabilidad de las unidades productivas.

1.2. VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA

La sequía es un fenómeno complejo y frecuente caracterizado por precipitaciones inferiores a la media durante períodos de meses o años que afecta a la mayor parte del planeta, sean estas zonas áridas o húmedas (Dai, 2011). Este fenómeno afecta a diversos componentes de los sistemas económicos, siendo identificado el sector agropecuario, frecuentemente, como el más afectado (Wilhite et al. 2014).

La complejidad de los fenómenos de sequía ha determinado un gran esfuerzo a nivel académico para desarrollar herramientas que permitan evaluar su severidad e impactos. La evaluación cuantitativa de los impactos de la sequía se ha realizado

comúnmente de forma indirecta utilizando índices de sequía, los que se supone que cuantifican adecuadamente el riesgo de sequía que se ejerce sobre los diferentes sistemas (Vicente-Serrano et al. 2012).

Si bien el crecimiento de estos abordajes ha dejado en evidencia su alta potencialidad, los avances en la consideración de las sequías como una problemática multidimensional que trasciende la dimensión climática, y que involucra variables físicas, sociales, productivas y económicas (Blaikie et al. 1994), ha demandado abordajes más complejos e integrales. De igual manera ha ocurrido con la evaluación de las causas que generan y/o favorecen estos procesos. Así, los análisis de vulnerabilidad han proporcionado un marco que permite la integración de las forzantes, el funcionamiento del sistema y los impactos, que puede ser integrado a los estudios clásicos de evaluación de las sequías.

Adicionalmente, y debido al creciente impacto de las sequías y a la necesidad de pasar de un enfoque reactivo de la crisis a un enfoque proactivo y preventivo de gestión para enfrentar la sequía, los análisis de vulnerabilidad se han incrementado notoriamente en las últimas décadas en todo el mundo, presentándose como un primer paso en la identificación de las causas subyacentes que generan los impactos de las sequías (González Tánago et al. 2016). A esto se le suma que los análisis de vulnerabilidad a la sequía proporcionan un marco para identificar posibles mecanismos causales en un contexto multidimensional (Knutson et al. 1998).

González Tánago et al. (2016) destacan en su revisión que en las evaluaciones de vulnerabilidad a la sequía suele haber grandes diferencias en la selección de variables, de su localización en uno u otro componente, e incluso en su peso y comportamiento en cada uno de los tres componentes utilizados para la estimación de la vulnerabilidad. Esta diversidad de enfoques, e incluso con gran diversidad al interior de un mismo enfoque, muestra que no hay actualmente un consenso sobre la cantidad y el tipo de factores y dimensiones que se deben considerar en un análisis de vulnerabilidad a la sequía (González Tánago et al. 2016).

1.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES Y OPERATIVAS

Dada la alta variabilidad en las definiciones y aplicaciones del concepto, es necesario destacar que en este trabajo se consideró a la vulnerabilidad como un atributo definido, en primera instancia, por la incidencia de una amenaza sobre las

principales forzantes del sistema. Adicionalmente, se la consideró como un atributo emergente, complejo y dinámico espacial y temporalmente, que se encuentra condicionado por características físicas, productivas, económicas, sociales, culturales y financieras, que pueden ser de carácter estructurales y/o coyunturales, y que están condicionadas por comportamientos de carácter individual y/o colectivos, y por la escala de análisis.

El punto de partida del trabajo corresponde al análisis de las principales forzantes del sistema ganadero. Posteriormente y dado que la identificación de respuestas a las amenazas es crucial para la planificación y gestión a diversas escalas, se propone un nuevo foco de análisis. Se parte de que la vulnerabilidad, la exposición y la sensibilidad son diferenciales según la zona y/o grupo objetivo, y que por tanto necesariamente deberán ser diferentes las estrategias de adaptación y respuesta para afrontarla. De esta manera, el abordaje propuesto pone el foco en la identificación de las capacidades diferenciales necesarias para afrontar la vulnerabilidad. Finalmente, se complementa el análisis de vulnerabilidad considerando su componente colectiva y dinámica a nivel temporal.

1.4. OBJETIVO DE LA TESIS

El objetivo general de esta tesis es aportar elementos teóricos, metodológicos y operativos para la evaluación de los factores que determinan la vulnerabilidad de los productores ganaderos de la Sierras del Este a la sequía. Para el cumplimiento de este objetivo fue necesario en primer lugar identificar los factores de mayor incidencia en la vulnerabilidad, y evaluar su comportamiento temporal y en diferentes escenarios climáticos, económicos y productivos. Adicionalmente, fue necesario identificar y evaluar las capacidades de respuesta necesarias para afrontar la vulnerabilidad y en qué situación se encuentra cada productor al respecto. Finalmente, fue necesario evaluar los vínculos entre productores, a los efectos de conocer la incidencia potencial de las interacciones entre actores y agentes en la capacidad de respuesta a la sequía.

En este contexto, los objetivos específicos son:

- Determinar la incidencia de las forzantes naturales y de uso del suelo en la productividad de los pastizales como un factor esencial para incrementar la capacidad de respuesta y reducir la vulnerabilidad a las sequías.
- Identificar y evaluar las variables que determinan la vulnerabilidad a la sequía de los productores ganaderos y determinar las principales capacidades a desarrollar para afrontarla.
- Identificar la incidencia de las trayectorias posibles de las principales forzantes climáticas y económicas sobre la capacidad de respuesta necesarias a desarrollar para no comprometer la sustentabilidad de los productores.
- Evaluar la incidencia de las interacciones entre productores ganaderos, instituciones y técnicos agropecuarios sobre la vulnerabilidad a la sequía.

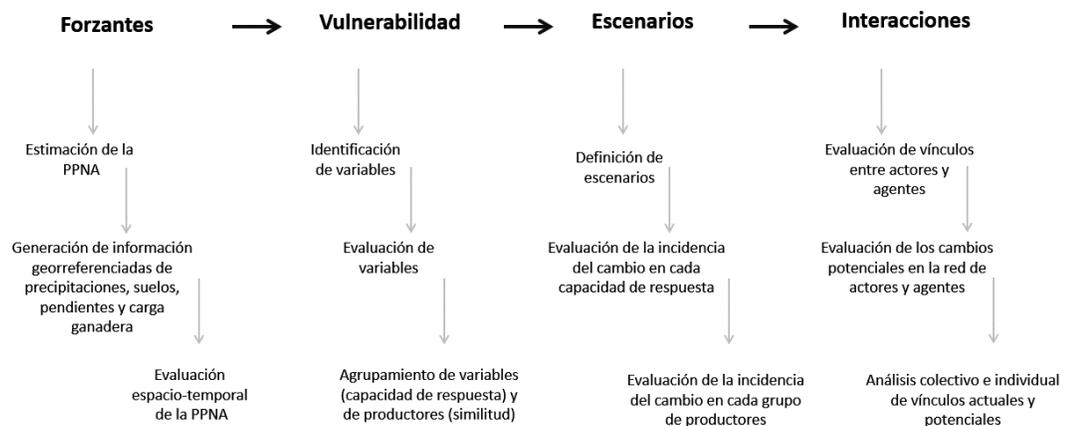
1.5. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

La estrategia de investigación implementada consideró la multidimensionalidad de la vulnerabilidad, abordándola en etapas sucesivas que progresivamente integran la complejidad que engloba el concepto (Figura 1.2).

En primera instancia se evaluó el comportamiento espacio-temporal de su principal forzante. La producción primaria neta aérea (PPNA) de pastizales es el atributo central de la ganadería sobre pastizales naturales porque determina la principal fuente de energía para los herbívoros (Sala y Austin, 2000). Presenta alta variabilidad espacio temporal y está controlada por la disponibilidad de agua, la topografía, tipo de suelo y perturbaciones naturales o antropogénicas (Oesterheld et al. 1999; Ruppert et al. 2012; Sala et al. 1988). En este sentido, se evaluó la PPNA, y la incidencia de las variables geofísicas y de uso del suelo en su comportamiento. Posteriormente se consideraron la totalidad de variables que pueden incidir en la vulnerabilidad, las cuales fueron evaluadas y agrupadas según las capacidades de respuesta a desarrollar para su reducción. En este proceso además se identificaron grupos de productores con características similares. Seguidamente, se integró al análisis la componente temporal, evaluando en primer lugar el comportamiento diferencial de las capacidades de respuestas y de estos grupos de productores, en diferentes escenarios climáticos (de cambios de la PPNA) y económicos (cambios en

el precio de la tierra y de los suplementos alimenticios del ganado) posibles. Finalmente, se integró al análisis la componente colectiva de la vulnerabilidad, en la cual se evaluó la incidencia de las interacciones actuales y potenciales en la posibilidad de difusión de prácticas y tecnologías que permitan reducir la vulnerabilidad.

Figura 1.2. Esquema de la estrategia de investigación empleada en la tesis.



1.6. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

La tesis se organiza en 6 capítulos. El primero corresponde a una introducción general, luego cuatro capítulos donde cada uno dio lugar a un artículo científico (dos publicados, Anexo 8.1 y Anexo 8.2), y finalmente una discusión y conclusiones generales en las que se analizan de forma integrada los artículos y se presentan las principales perspectivas que surgen de la tesis.

Capítulo 1: Introducción general en la que se presentan los principales antecedentes del problema analizado, su marco teórico y el área de estudio.

Capítulo 2: Se analizó el comportamiento de las forzantes naturales y de uso del suelo sobre la productividad de los pastizales naturales en períodos de precipitaciones en torno a la media y en períodos de déficit hídrico, para el período 2000-2015. La estrategia metodológica integró la utilización de un modelo ecofisiológicos, con información satelital, para la estimación de la PPNA, variable analizada espacial y temporalmente en diferentes contextos geofísicos (precipitaciones, tipo de suelo, pendientes) y productivos (carga ganadera). Las preguntas que guiaron este capítulo fueron: ¿cuál es la incidencia de las forzantes climáticas y de uso del suelo en la productividad de los pastizales naturales? y ¿qué factores y escalas de análisis son cruciales para la implementación de estrategias adaptativas a diversas escalas (productor ganadero, local, regional y nacional para las políticas públicas) que permitan reducir la vulnerabilidad a la sequía?

Capítulo 3: Se analizó el conjunto de las variables geofísicas, socio-económicas, productivas y culturales que inciden en la vulnerabilidad a la sequía de los productores ganaderos, y se evaluaron las principales capacidades a desarrollar para afrontarla. Adicionalmente se analizó si es posible identificar grupos de productores con similitud en sus capacidades de respuesta a desarrollar. La estrategia metodológica integró una serie de consultas a productores ganaderos y a especialistas para identificar las variables de mayor importancia en la determinación de la vulnerabilidad de un productor ganadero a la sequía, y un conjunto de consultas para evaluar la situación de cada productor de acuerdo a las variables identificadas. Posteriormente se asociaron los grupos de variables identificadas a grupos de respuesta necesarios a desarrollar para disminuir la vulnerabilidad. Las preguntas que guiaron este capítulo fueron: ¿qué factores y atributos determinan la vulnerabilidad

de los productores ganaderos a la sequía?, ¿cómo estos atributos y factores son priorizados por los productores?, ¿estos factores son agrupados de acuerdo a las dimensiones o a los componentes clásicos de la vulnerabilidad?, ¿cuál es la relación entre los factores y atributos priorizados y la situación de vulnerabilidad actual de los productores? ¿son los grupos de productores definidos a partir de su situación de vulnerabilidad una unidad operativa para el desarrollo e implementación de las políticas públicas?

Capítulo 4: Se analizó la incidencia de las dos forzantes externas principales (climática y económica) sobre la vulnerabilidad a la sequía de los productores ganaderos. La estrategia metodológica incluyó la definición de 6 escenarios (generados a partir de las combinaciones posibles de las principales forzantes), y el análisis de los cambios en las cuatro capacidades de respuesta y para los 6 grupos de productores definidos en el Capítulo II. Las preguntas que guiaron este capítulo fueron: ¿cómo varía la vulnerabilidad de los productores de acuerdo a los escenarios climáticos y económicos posibles?, ¿esta respuesta es dependiente según el tipo de productor?, ¿qué capacidades de respuesta debe priorizar cada productor de acuerdo al escenario en el que se encuentra?

Capítulo 5: Se analizó el componente colectivo de la vulnerabilidad, a través del análisis de la incidencia de las interacciones entre productores ganaderos, instituciones y técnicos agropecuarios sobre la vulnerabilidad a la sequía. De esta manera, se evaluó la incidencia de los vínculos actuales y potenciales entre los productores ganaderos sobre su nivel de vulnerabilidad a la sequía. Se trabajó con dos marcos operativos, el Análisis de Redes Sociales (ARS) y el análisis de la incidencia de forzantes externas sobre la red. Las preguntas que guiaron este capítulo fueron: ¿cómo se propagan las innovaciones y transformaciones en el área de estudio?, ¿qué atributos claves de la red de actores y agentes promueven una mayor capacidad de adaptación?, y ¿cómo los cambios en la red pueden afectar el proceso de transferencia e intercambio entre productores?

Capítulo 6: Se presenta la discusión general de los principales resultados obtenidos, de sus implicancias en términos teóricos y prácticos, las perspectivas a futuro, y los desafíos que aún continúan vigentes.

Capítulo 7: Se presenta la bibliografía general de la tesis

Capítulo 8: Se presentan en anexos, los dos artículos científicos publicados

2. FORZANTES NATURALES Y DE USO DEL SUELO DE LA PPNA DE LOS PASTIZALES NATURALES

Este capítulo se basa en: *Díaz I, Achkar M, Crisci C, Mazzeo N. 2019. Natural and land-use drivers of primary production in a highly vulnerable region of livestock production (Sierras del Este-Uruguay). Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics. En prensa.*

2.1 RESUMEN

El objetivo de este capítulo fue analizar la incidencia de las forzantes naturales y de uso del suelo en la productividad de los pastizales como un factor esencial para aumentar la capacidad de adaptación de la producción ganadera y reducir su vulnerabilidad a los eventos climáticos extremos. Se analizó el período 2000-2015 utilizando la Producción Primaria Neta Aérea (PPNA), precipitaciones, información de tipos de suelos y pendientes de superficie, y carga ganadera. Los resultados muestran una tendencia decreciente de la PPNA entre 2000 y 2009, y un aumento entre 2010 y 2015. Estas tendencias están asociadas a las fluctuaciones de las precipitaciones: la mayor parte de la variabilidad de la PPNA se explica por las precipitaciones acumuladas de los 4 meses anteriores. Además, la PPNA varía según el tipo de suelo (más profundo y arcilloso, mayor PPNA), la pendiente (mayor pendiente, PPNA menor) y la carga ganadera (mayor carga, mayor PPNA). En períodos de sequía, estas relaciones se invierten. Los principales resultados sugieren que los cambios en la PPNA entre períodos de sequía y períodos húmedos no están linealmente relacionados con las forzantes y controles analizados, y se detectó un patrón espacial claramente estructurado. La evidencia proporciona información para anticipar eventos extremos, lo que permite definir y explorar estrategias que reduzcan los impactos de la sequía. Los patrones espacio-temporales observados destacan la complejidad del sistema analizado y la necesidad de gestionar esta complejidad incorporando: interacciones cruciales, escalas espaciales adicionales y análisis multiescalares.

Palabras clave: pastizales naturales, PPNA, sequía, vulnerabilidad, ganadería.

NATURAL AND LAND-USE DRIVERS OF PPNA IN NATURAL GRASSLANDS

2.2 SUMMARY

Sierras del Este is one of the two regions in Uruguay that are most vulnerable to climate change. A relevant vulnerability factor is the variability in the natural grassland productivity. The objective of this work was to analyse the role of natural and land use drivers on grasslands productivity as an essential factor for increasing the adaptive capacity of livestock production and reducing their vulnerability to extreme climatic events. The period 2000-2015 was analysed using the Above Net Primary Production (ANPP), rainfall patterns, maps of soils and surface slopes, livestock stocking density (LSD) information, and interviews with cattle producers. The results show a decreasing trend in ANPP between 2000 and 2009, and an increase between 2010 and 2015. These trends are associated with rainfall fluctuations: greater ANPP variability is explained by the rainfall accumulation of the 4 previous months. In addition, ANPP is affected by the soil type (deeper and clayey, higher ANPP), surface slope (higher surface slope, lower ANPP) and LSD (higher LSD, higher ANPP). In drought periods, these relations are reversed. The main results suggest that changes in ANPP between drought and wet periods are not linearly related to the drivers analysed, and an important spatially structured pattern was detected. The evidence provides information to anticipate extreme events, allowing to define and explore strategies that reduce the impacts of drought. The spatio-temporal patterns observed highlight the complexity of the system analysed and the need to manage this complexity incorporating: crucial interactions, additional spatial scales and cross-scales analysis.

Keywords: natural grassland, ANPP, drought, vulnerability, cattle production.

2.3 INTRODUCCIÓN

Los cambios en las precipitaciones, temperatura y evapotranspiración son controles externos claves de los agroecosistemas. Estas alteraciones se han intensificado en diversas zonas del planeta asociadas a la variabilidad climática y al cambio global (Easterling et al. 2000; IPCC, 2007). Dentro de los efectos más importantes generados por los cambios en el régimen de precipitaciones se destacan las sequías, fenómeno frecuente caracterizado por precipitaciones inferiores a la media durante períodos de meses o años que afecta a la mayor parte del planeta, sean estas zonas áridas o húmedas (Dai, 2011). Este fenómeno afecta a diversos componentes de los sistemas económicos, siendo identificado el sector agropecuario, frecuentemente, como el más afectado (Wilhite et al. 2014). Los impactos de los eventos de sequía constituyen una problemática multidimensional que trasciende la dimensión climática, dado que la exposición y sensibilidad de los agroecosistemas se encuentran condicionados por numerosos controles que involucran variables físicas, sociales, productivas y económicas (Blaikie et al. 1994). Por lo que, un análisis multidimensional e integrado de las sequías es clave para entender el rol de las forzantes biofísicas y su interrelación para luego comprender su vinculación con las otras dimensiones del sistema.

Las Pampas húmedas, localizadas en la región templada de América del Sur, son una de las zonas de mayor superficie de pastizales del mundo (Soriano, 1991). Las condiciones de temperatura y precipitaciones de este bioma han permitido el desarrollo de una ganadería extensiva desde hace más de 300 años. En las últimas décadas, esta zona ha presentado cambios en su productividad primaria, los cuales han estado asociados a alteraciones climáticas, atmosféricas y cambios de uso del suelo (Paruelo et al. 2004; Zhao y Running, 2010).

La productividad primaria de los pastizales es la principal forzante de la actividad ganadera sobre pastizales naturales, dado que determina la fuente principal de energía para los herbívoros (Sala y Austin, 2000). La Producción Primaria Neta Aérea (PPNA), definida como la tasa de acumulación de biomasa por unidad de superficie, es un atributo de gran importancia dado que determina numerosas funciones ecosistémicas (McNaughton et al. 1989). La PPNA en pastizales presenta alta variabilidad espacio-temporal, y está controlada principalmente por la

disponibilidad de agua (Lauenroth, 1979; Ruppert et al. 2012; Sala et al. 1988). Además, el régimen de precipitaciones determina la cantidad de forraje y la proporción potencialmente consumida por los herbívoros (Golluscio et al. 1998). Considerando la escala de análisis, la variabilidad puede ser explicada a escala regional principalmente por las precipitaciones acumuladas anuales medias (Jobbagy et al. 2002; Sala et al. 1988) y a escala local mayoritariamente por diferencias en el paisaje, principalmente topografía, tipo y uso del suelo, disturbios naturales o de origen antrópico, y el pastoreo de herbívoros (Milchunas y Lauenroth, 1993; Oesterheld et al. 1999). A escala anual, se constata una importante variabilidad de la productividad de pastizales naturales (Guido et al. 2014; Jobbagy et al. 2002) debido a una desigual distribución de las precipitaciones, a la incidencia de la radiación solar, y al período de desarrollo de las especies dominantes que componen el pastizal. La variabilidad climática desencadena múltiples cambios en las forzantes de los agroecosistemas, y por tanto cambios en la vulnerabilidad del mismo.

En Uruguay, la principal amenaza meteorológica es la sequía (Cruz et al. 2014). La manifestación de estos eventos es principalmente por su incidencia en la producción forrajera, la cual afecta posteriormente la tasa de reproducción del rodeo y por tanto a la sustentabilidad del predio (Bartaburu et al. 2013). La ganadería es una de las actividades de mayor importancia en Uruguay debido a su extensión, número de productores, el abastecimiento del mercado interno y las exportaciones. En este sentido las sequías son particularmente importantes en términos productivos, sociales y económicos para el país.

En condiciones naturales, muchos factores que inciden en la vulnerabilidad a la variabilidad climática no son manejables. Mientras que otros, como ser los reservorios de agua, la carga ganadera, el diseño y la rotación del rodeo entre los potreros, las alternativas de riego y la suplementación alimenticia para el ganado, si lo son (Bartaburu et al. 2013; Burton y Peoples, 2008). Por lo tanto, la capacidad de adaptación y respuesta representa una instancia fundamental para incrementar la sustentabilidad del sistema ganadero frente a las presiones ejercidas por los factores climáticos, lo cual demanda avanzar en una planificación de la gestión del sistema productivo ganadero (Nienaber y Hahn, 2007).

En este contexto, en este capítulo se busca responder las siguientes preguntas para una de las regiones más vulnerables de la producción ganadera en Uruguay: ¿cuál es la variabilidad espacio-temporal en la productividad de los pastizales? ¿cuál es la incidencia de las forzantes clima y el uso de la tierra en la productividad de los pastizales? ¿qué controles y escalas son cruciales para implementar estrategias de adaptación? En este sentido, el objetivo de este capítulo fue analizar la tendencia y el comportamiento de la productividad de los pastizales naturales bajo diferentes condiciones físicas y de manejo. La identificación y comprensión de la incidencia del clima, el uso de la tierra y sus interrelaciones, así como sus impactos en la productividad de los pastizales, son insumos claves para diseñar estrategias que incrementen la capacidad de respuesta a la sequía de los sistemas ganaderos.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1 Área de estudio

El área de estudio se localiza en la región Sierras del Este (Uruguay), entre los 33° 50' y los 34° 11' de latitud sur y los 54° 60' y 55° 19' de longitud oeste y presenta una superficie aproximada de 72600ha (Figura 1.1). El área incluye dos cuencas, la cuenca del arroyo Polanco y la cuenca del arroyo Barriga Negra. Los ecosistemas dominantes son los pastizales naturales y el bosque natural serrano. La topografía dominante es de sierras (83%) y la pendiente media es de 8%, presentando el 80% de la superficie pendientes mayores al 5%. Los suelos dominantes son brunosoles (75%) y litosoles (17%) y más del 70% de los suelos son al menos moderadamente rocosos (MGAP, 1994).

El clima es templado subtropical, con temperaturas medias anuales de 17 °C, y con medias máximas en el mes de enero (23 °C) y medias mínimas en el mes de julio (11 °C). Las precipitaciones acumuladas anuales medias de los últimos 30 años fueron de 1100 mm con un máximo en agosto (111 mm) y un mínimo en diciembre (62 mm) (INUMET, 2015). La distribución estacional de la lluvia es variable (sin períodos lluviosos o secos), lo que ocasiona períodos de sequía en cualquier momento del año. En el área, las sequías afectan principalmente la producción del

campo natural y afectan excepcionalmente la disponibilidad de agua para el consumo del ganado.

La variabilidad estacional de los pastizales registra un primer máximo en primavera y un segundo máximo en otoño, debido a la abundancia y contribución de especies C3 y C4 respectivamente (Altesor et al. 2005). En la zona de estudio predominan los pastizales naturales abiertos (70% del suelo con cobertura vegetal), con un estrato de 30 cm de sub-arbustivas y un estrato bajo de 5 cm, y dónde las especies de mayor importancia en cobertura son *Piptochaetium montevidense* y *Richardia humistrata* (Baeza et al. 2010; Lezama et al. 2006).

En ambas cuencas se localizan aproximadamente 100 productores que desarrollan la actividad ganadera casi en su totalidad mediante el aprovechamiento de los pastizales naturales. La extensión media de los predios es de 150ha CONEAT100, registrándose productores con menos de 20ha y productores con más de 1300ha. La gran mayoría de los productores desarrolla una ganadería mixta (bovina y ovina), con predominancia de la ganadería bovina. La carga ganadera promedio para el área de estudio es menor a 1 unidad ganadera¹ (UG) por hectárea.

La cuenca del arroyo Polanco presenta en términos medios suelos de mayor aptitud pastoril, menores pendientes y productores que gestionan mayores superficies de pastizales. En la cuenca del arroyo Barriga Negra es notorio el avance de los cultivos forestales, los cuales han sustituido extensas áreas de pastizales naturales y desplazado un importante número de predios y productores ganaderos.

La región Sierras del Este, junto a la región del Basalto, han sido identificada a nivel gubernamental desde 2012 como las zonas de mayor vulnerabilidad a la sequía debido a sus características físicas y productivas, y han sido considerados un área prioritaria para el apoyo a los productores ganaderos. Las estrategias de las políticas públicas han incluido apoyos para innovaciones tecnológicas, para incrementar la eficiencia en la producción e incrementar el valor agregado, para la conservación de recursos naturales, para mejorar el acceso al agua, y para el fortalecimiento institucional. Estas estrategias han categorizado a los productores en términos de

¹ La UG es un parámetro que tiene como objetivo brindar una equivalencia en cuanto al consumo de biomasa por los diferentes tipos de herbívoros domésticos. Asume que 1 UG en Uruguay corresponde a los requerimientos de un bovino de 380kg de peso. A partir de esto se genera una equivalencia para las diferentes categorías de bovinos, ovinos, etc. En este trabajo se utilizaron las equivalencias desarrolladas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA, 2012).

atributos socioeconómicos, principalmente superficie gestionada y tamaño del rodeo (MGAP, 2012). Sin embargo, varios factores de control biofísicos relevantes, particularmente a la escala espacial analizada en este trabajo, no han sido considerados.

2.4.2 Estrategia de investigación

El abordaje realizado (Figura 2.1) integró la clasificación de usos del suelo para la identificación de pastizales naturales; la identificación y caracterización de la tendencia de la PPNA y de relaciones existentes entre los valores de PPNA (variable respuesta) y las variables geofísicas (topografía y suelos, precipitaciones) y productivas (UG por unidad de superficie), de dos cuencas de estudio. Esta estrategia permitió el análisis del comportamiento de la PPNA en pastizales naturales para un período 2000 y 2015, permitiendo la comparación de los valores de PPNA entre diferentes tipos de suelos, pendientes y carga ganadera.

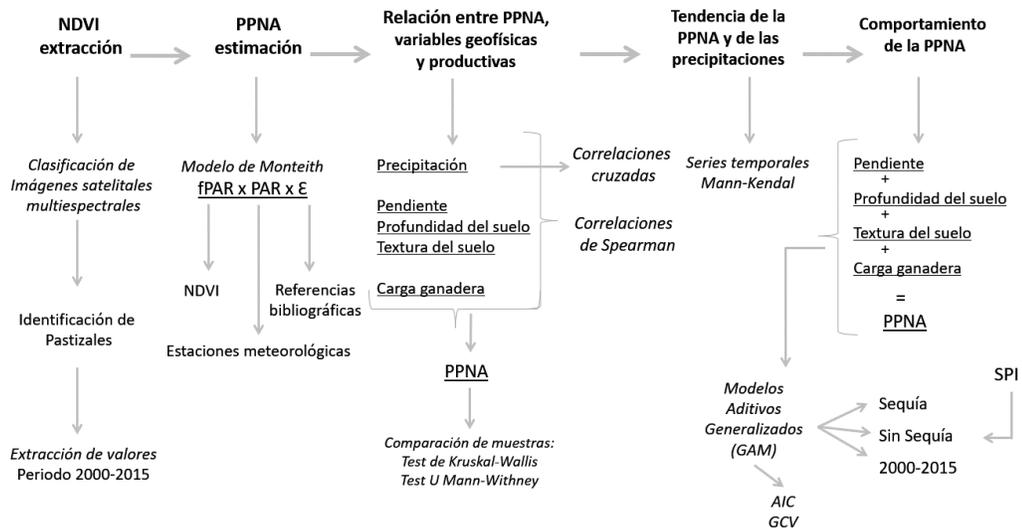


Figura 2.1. Esquema de la estrategia de investigación. En negrita se destacan las etapas de análisis, en cursiva los métodos, análisis y procesos y subrayado las variables.

Complementariamente se realizaron entrevistas semiestructuradas y encuestas a 35 productores ganaderos de la zona a los efectos de conocer las características productivas, físicas, y socio-económicas de cada predio.

2.4.2.1 Identificación de pastizales y productividad

La información generada y proporcionada por sensores de baja resolución espacial y alta resolución temporal, presentan alto potencial para la estimación de la PPNA. El Índice de Vegetación Normal Diferenciado (NDVI) es uno de los índices más utilizados para la evaluación, seguimiento y monitoreo de numerosas coberturas vegetales y fundamentalmente para las estimaciones de la PPNA debido a su eficiencia en tiempo y costos. Este índice combina las bandas electromagnéticas del rojo (R) y del infrarrojo (IR) ($NDVI = (IR - R) / (IR + R)$) (Tucker y Sellers, 1986), y presenta una relación positiva con la fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación (fRFAA) y por ende con la productividad primaria (Paruelo et al. 1997; Prince, 1991; Sellers et al. 1992). Esta información y los modelos ecofisiológicos consolidan en conjunto una estrategia ampliamente utilizada para las estimaciones de la PPNA. Actualmente el más utilizado es el desarrollado por (Monteith, 1972) (Ec 1):

$$Ec1. \quad PPNA = RFA \times fRFAA \times EUR$$

donde RFA es la radiación fotosintéticamente activa incidente, fRFAA es la fracción de esta radiación interceptada por la vegetación y EUR es la eficiencia en el uso de la radiación.

RFA es frecuentemente obtenida mediante información meteorológica, EUR suele ser estimada utilizando información de campo e invirtiendo el modelo de Monteith, y fRFAA suele estimarse utilizando índices de vegetación como el NDVI.

En primer lugar, se procedió a la clasificación supervisada de imágenes satelitales LANDSAT 5TM y LANDSAT 8 en los años 2000, 2005, 2010 y 2015 para detectar coberturas de pastizales naturales. La zona definida como pastizal correspondió al conjunto de áreas que presentaron una cobertura vegetal de pastizales en las 4 fechas consideradas. La clasificación de 2015 fue validada en campo, resultando una confiabilidad mayor al 90%. No se consideraron otras coberturas de suelo porque no eran objetivo de esta investigación, por lo cual se descartaron áreas con praderas artificiales y con alta densidad de arbustos, además de zonas forestales.

Posteriormente se utilizó el modelo de Monteith para estimar la PPNA (Monteith, 1972). Se estimó fPAR utilizando una serie temporal de imágenes NDVI del Moderate Resolution Image Spectroradiometer (MODIS). Este sensor produce una imagen del promedio de los 16 días anteriores con una resolución espacial de 250 x 250 metros. Para cubrir el período 2000-2015, se utilizaron 365 imágenes. Así, se construyó una matriz que integró los píxeles de la base de datos MODIS pertenecientes a las áreas de pastizales naturales durante el período 2000-2015. La RFA fue obtenida de INIA (2016) y correspondió a información relevada por la estación Treinta y Tres, ubicada a 100 km del área de estudio. Se optó por esta información dado que las características de los pastizales del Río de la Plata permiten el uso de información meteorológica de hasta 200 km (Oyarzabal et al. 2011). Los datos EUR utilizados se obtuvieron del modelo propuesto por Paruelo et al. (2010).

2.4.2.2 Topografía y suelos

La carta de pendientes se generó a partir del desarrollo de un modelo digital de superficie (MDS) elaborado utilizando información satelital NASA-ASTER (2006). Se desarrolló una base de datos que incluyó información referente a las propiedades físicas de los suelos. Se utilizó como insumo la carta de unidades de suelos generada a escala 1/20,000 por el MGAP (1994). A partir de ésta se generó una nueva carta para las variables profundidad del suelo y textura, clasificando los suelos según profundidad en superficiales, medios y profundos, y según textura en arenosos, limosos y arcillosos.

2.4.2.3 Precipitaciones

La base de datos de precipitaciones se generó a partir de información de 4 estaciones meteorológicas. Una de ellas se encontró dentro del área de estudio, y las otras tres a menos de 50 kilómetros localizadas al sur, este y oeste del área de estudio. Se trabajó con valores acumulados mensuales proporcionados por INUMET (2015) y se utilizó una interpolación espacial (método de Kriging). Para la identificación de períodos de sequía se trabajó con el Índice de Precipitación - Evapotranspiración Estandarizado (SPI) considerando un período acumulado de 6 meses (McKee et al. 1993). El SPI fue diseñado con el objetivo de cuantificar déficit

de precipitaciones para diferentes escalas temporales, y es un indicador potente y sencillo de calcular dado que utiliza como única variable la precipitación.

2.4.2.4 Actividad ganadera

Se evaluó la carga ganadera por unidad de superficie. Esta base de datos se generó mediante entrevistas a productores ganaderos, los cuales informaron sobre la composición y cantidad de herbívoros domésticos. A partir de esta información se georreferenció la variable UG a escala de predio. En este sentido, la UG fue utilizada para representar la presión ejercida por los herbívoros en cuanto al consumo forrajero. Esta variable se categorizó en baja ($UG < 0,5$), media ($0,5 \leq UG \leq 0,8$) y alta ($UG > 0,8$), dado que 0,7 UG/ha corresponde a la carga media en Uruguay (DIEA, 2015).

2.4.2.5 Organización de la información

Se generó una base de datos de resolución espacial de 250 x 250 metros con información de PPNA, información física de suelos, precipitaciones acumuladas y carga ganadera. La totalidad de la información fue integrada al Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado para el procesamiento de la información espacial. El SIG desarrollado permitió sistematizar, operar y cruzar las bases de datos de variables física y productivas.

2.4.3 Análisis de datos

Dado que se constató ausencia de distribución normal (test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianza (test de Levene) en los datos, se recurrió a análisis estadísticos no paramétricos. Para la identificación de las principales relaciones entre PPNA y las variables independientes (profundidad del suelo, textura del suelo, pendientes, precipitaciones y carga ganadera), se aplicaron análisis de correlación de Spearman (ρ). Adicionalmente se analizó la relación temporal entre PPNA y precipitaciones. El desfase entre los valores de precipitaciones acumuladas mensuales y los valores de PPNA se abordó con análisis de correlaciones cruzadas.

Para la comparación de las muestras de PPNA entre las diferentes categorías y rangos de las variables geofísicas y productivas consideradas, se utilizó el test de

Kruskal-Wallis (H) y posteriormente como test post hoc el test de Mann Whitney corregido. A continuación, se compararon los valores de PPNA para los diferentes tipos de suelo en función de su profundidad, su textura y la pendiente. Luego, se compararon los valores de PPNA en diferentes cargas ganaderas.

Adicionalmente se analizaron los valores de PPNA para los períodos de sequía, períodos de precipitaciones medias, y para todo el período. Se trabajó con un Modelo Aditivo Generalizado (GAM) (Crawley, 2007; Hastie y Tibshirani, 1990). Estos modelos presentan la posibilidad de trabajar con relaciones no lineales entre la variable respuesta y las variables predictoras, y además la posibilidad de trabajar en el mismo modelo con variables predictoras que presentan diferentes tipos de relación con la variable respuesta (Guisan et al. 2002), y sobre las cuales no es necesario definir a priori el tipo de relación (Crawley, 2007). A los efectos de estimar el ajuste que presentaban los diferentes modelos elaborados se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC) (Burnham y Anderson, 2004; McCullagh y Nelder, 1989) y finalmente, para estimar el error de predicción se utilizó el criterio de Validación Cruzada Generalizada (GCV) (Wood, 2004).

Por otro lado, se utilizó el test de tendencia no paramétrico de Mann-Kendall (Hirsch et al. 1982; Westmacott y Burn, 1997) para explorar la presencia de una tendencia creciente o decreciente en la serie de datos de precipitaciones y de PPNA, a partir de los periodos definidos por el SPI.

Los análisis de datos se realizaron con el software R (R-Team, 2017). Se utilizaron las librerías “car” (Fox y Weisberg, 2011), “mgcv” (Wood, 2004) y “Kendall” (McLeod, 2012). En todos los test estadísticos se estableció un nivel de significancia de 0,05.

2.5 RESULTADOS

2.5.1 Precipitaciones: distribución temporal

En el período 2000-2015, las precipitaciones alcanzaron valores acumulados anuales promedio de 137 mm, presentando un máximo en el año 2002 (2110 mm) y un mínimo en el año 2008 (856 mm). Los meses que registraron mayores valores acumulados fueron febrero (133mm) y junio (128 mm) y los de menores valores medios fueron julio (91 mm) y diciembre (92 mm). La estación más lluviosa fue el

otoño (355 mm) y la menos lluviosa el verano (326 mm), aunque con diferencias menores al 9%.

Para el período de estudio se detectaron varios eventos de sequía moderada ($SPI < -1$) y tres eventos de sequía extrema ($SPI < -2$). Los eventos de sequía extrema se registraron en 2005 ($SPI = -2.00$), 2009 ($SPI = -2.04$) y 2015 ($SPI = -3.53$) (Figura 2.2e). Seis períodos operativos de estudio fueron definidos: desde 1/2000 a 12/2003, desde 1/2004 a 12/2005, desde 1/2006 a 10/2008, desde 11/2008 a 12/2009, desde 1/2010 a 12/2014 y finalmente el año 2015. Las tres sequías extremas y los seis períodos definidos fueron claramente identificados por los productores. Las precipitaciones acumuladas mensuales presentaron para todo el período considerado un comportamiento decreciente (MK, $z = -1.96$, $p = 0.025$). Para los sub-períodos considerados no se registraron tendencias significativas (Figura 2.2d).

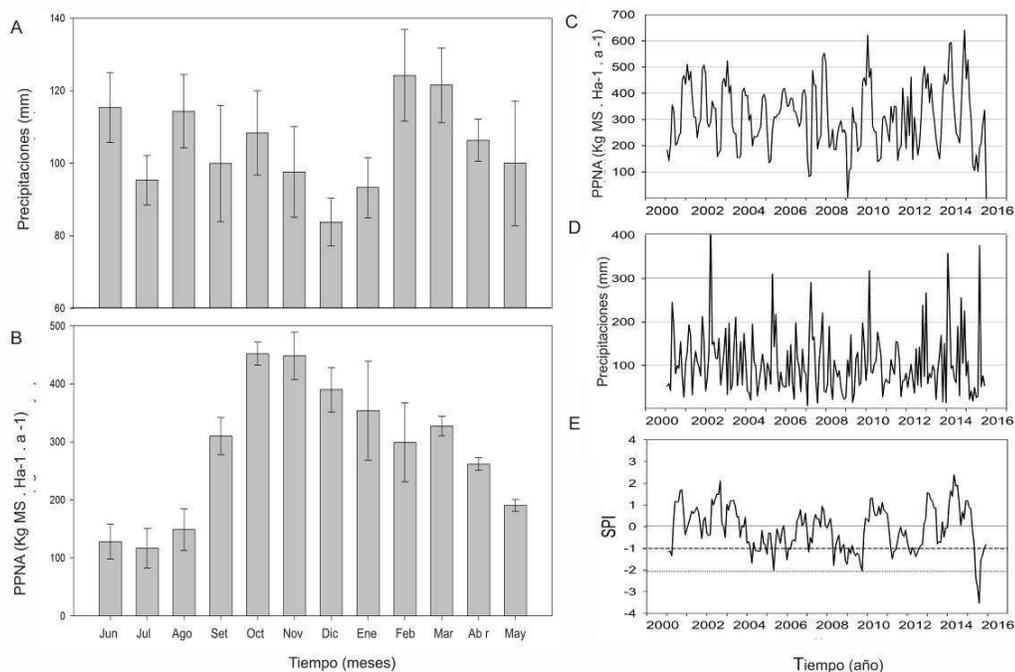


Figura 2.2. **A)** Precipitación media mensual (mm) y desviación estándar para el período 2000-2015. **B)** PPNA media mensual y desviación estándar para el período 2000-2015. **C)** PPNA mensual en el período 2000-2015. **D)** Precipitación mensual acumulada (mm) en el período 2000-2015. **E)** SPI en período 2000-2015 (línea continua) y los umbrales de períodos de sequía moderada (-1) y de sequía extrema (-2).

2.5.2 PPNA: variabilidad espacio-temporal

Las coberturas vegetales dominantes en el área de estudio fueron los pastizales naturales (49%), la forestación con especies exóticas (20%) y el bosque natural (19%). La PPNA registró para el período considerado una gran variabilidad anual e interanual. A escala anual se aprecia claramente un máximo en primavera y un mínimo en invierno para el promedio de la serie (Figura 2.2b). A escala interanual y para todo el período, no se registró una tendencia significativa creciente ni decreciente en los valores de PPNA (MK: $p > 0,05$) (Figura 2.2c). Al interior de los períodos tampoco se registró una tendencia significativa (MK: $p > 0,05$). Sin embargo, el PPNA registró una tendencia significativa decreciente (MK: $z = -2,1$, $p < 0,02$) para el período 2000-2008 y creciente para el período 2009-2014 (MK: $z = 2,8$, $p < 0,003$). La PPNA se relacionó positivamente con las precipitaciones acumuladas mensuales del mismo mes ($\rho = 0,18$, $p < 0,01$) y también con los valores acumulados del mes

anterior ($\rho=0,31$, $p<0,01$). Los mayores valores se encontraron para el acumulado de los 4 meses anteriores ($\rho=0,43$, $p<0,01$).

La variabilidad explicada de la PPNA por las precipitaciones es diferencial según la estación del año considerada, siendo superior en verano, inferior en primavera y no significativas en invierno (Cuadro 2.1). En verano y otoño los mayores valores corresponden con el acumulado de 4 meses previos de precipitaciones ($\rho=0,67$ y $\rho=0,46$ respectivamente, $p<0,01$), mientras que en primavera los mayores valores registrados corresponden a los acumulados de los 3 meses previos ($\rho=0,36$; $p<0,05$). Para el período 2000-2015, no se encontraron tendencias significativas de los valores medios del PPNA para ninguna de las 4 estaciones del año.

A nivel espacial se detectó también una clara variabilidad temporal de los valores de PPNA. En líneas generales se destaca que en años con precipitaciones en el entorno de las medias anuales los mayores valores de PPNA se localizan en la zona de suelos de mayor profundidad ($H=285$, $p<0,001$) y menores pendientes ($H=288$, $p<0,001$), mientras que en años de déficit hídrico los mayores valores se localizan en las zonas con predominancia de suelos arenosos ($H=263$; $p<0,001$).

Cuadro 2.1. Correlaciones de Spearman (ρ) entre los valores de PPNA y el acumulado de precipitaciones para 1, 2, 3, 4 y 5 meses previos. * $p<0,05$, ** $p < 0,01$.

	Meses de precipitaciones acumuladas			
	2	3	4	5
Verano	0,52**	0,64**	0,67**	0,59**
Otoño	0,31*	0,41**	0,46**	0,41**
Invierno	NS	NS	NS	NS
Primavera	0,35*	0,36*	0,29*	NS

2.5.3 Controles de la variabilidad espacial de la PPNA

2.5.3.1 Suelos y pendientes

Los valores medios de PPNA fueron significativamente mayores en los suelos profundos, seguidos de suelos de profundidad media y los menores valores se registraron en suelo superficiales ($H=21.9$, $p<0,001$) (Figura 2.3a). Los suelos predominantemente arcillosos y limosos presentaron valores medios de PPNA superiores que los suelos arenosos ($H=375$, $p<0,001$) (Figura 2.3b). No se registraron diferencias significativas entre la PPNA de suelos arcillosos y suelos limosos.

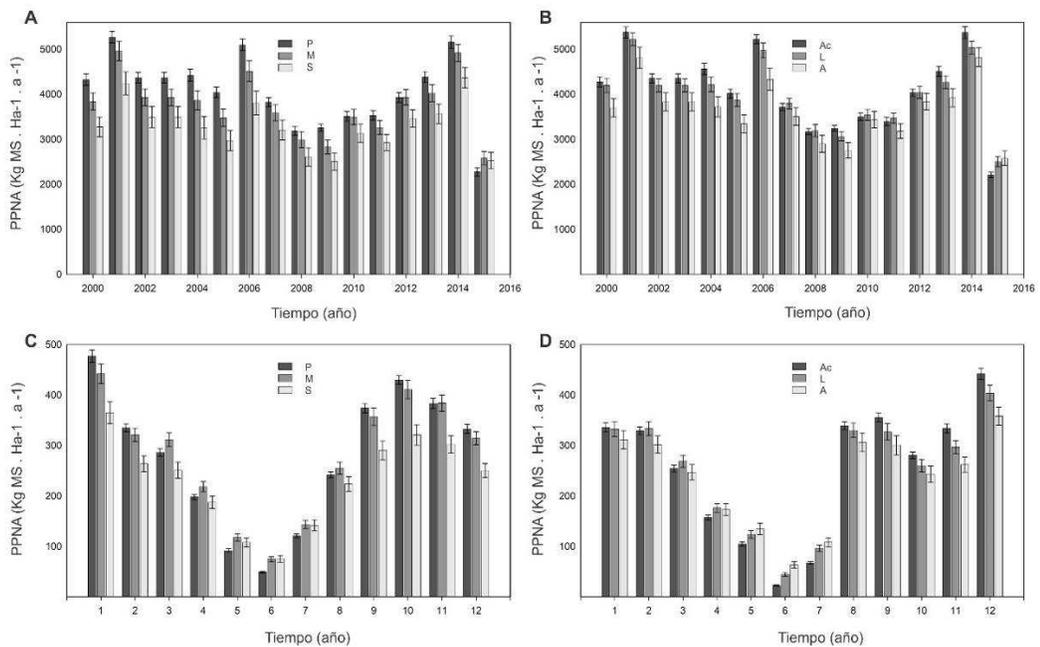


Figura 2.3. **A)** Valor promedio de PPNA en 2000-2015 en suelos superficiales (S), medianos (M) y profundos (P). **B)** Valor promedio de PPNA en 2000-2015 para suelos arenosos (A), limosos (L) y arcillosos (Ac). **C)** Promedio mensual de los valores de PPNA para períodos de sequía (años 2004, 2009 y 2015) en suelos superficiales (S), medianos (M) y profundos (P). **D)** Promedio mensual de los valores de PPNA para períodos de sequía (años 2004, 2009 y 2015) para suelos arenosos (Ac), limosos (L) y arcillosos (Ac). En todos los casos, se indica la desviación estándar.

Adicionalmente, combinando ambas características edafológicas, se detectó que los menores valores de PPNA se encuentran en suelos superficiales y arenosos, seguidos de suelos medios y limosos y finalmente profundos limosos y arcillosos ($H=367$, $p<0,001$).

Se encontró una relación significativa e inversa entre PPNA y la pendiente del suelo, con correlaciones que variaron entre $\rho=-0,1$ a $\rho=-0,30$ para los diferentes años. Únicamente se presentó como excepción la relación detectada para el año 2015, la cual fue positiva ($\rho=0,1$). Entonces, la PPNA fue mayor en zonas con suelos profundos, de menor granulometría y menor pendiente. Los valores de PPNA, para el 84% de las fechas analizadas, fueron superiores en la cuenca del arroyo Polanco que en la cuenca del arroyo Barriga Negra. Adicionalmente en la cuenca del arroyo Barriga Negra se encontraron los valores mínimos de PPNA y una mayor variabilidad del PPNA representado con un mayor coeficiente de variación (Figura 2.4).

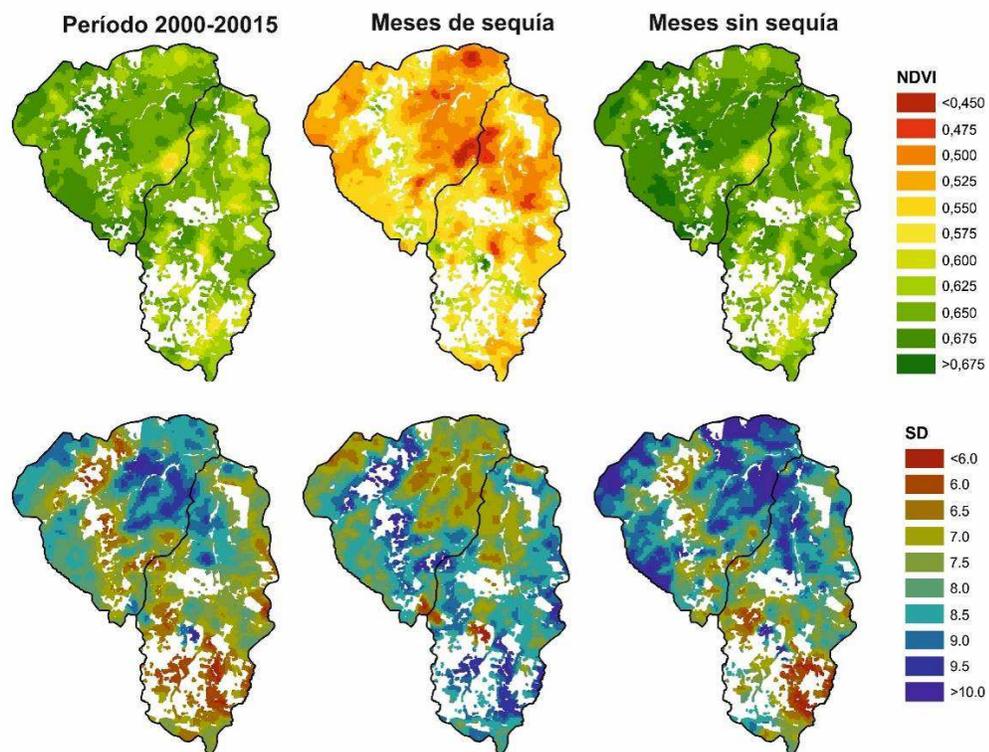


Figura 2.4. PPNA media y desvío estándar de los pastizales naturales de las cuencas de los arroyos Barriga Negra y Planco en el período 2000-2015, en los meses de sequía y en los meses sin sequía.

2.5.3.2 Carga ganadera

La carga ganadera por unidad de superficie es relativamente variable a nivel espacial y temporal. A nivel espacial se encuentra determinada por la aptitud pastoril de los suelos, encontrándose cargas mayores a 0,9 UG/ha en suelos profundos y

menores a 0,8 UG/ha en suelos superficiales. En general, es superior la carga en establecimientos de menor superficie, siendo en promedio 1 UG/ha en establecimientos menores a 100has, 0,8 UG/ha en predios de 101 a 500has, y menor a 0,8 UG/ha en predios mayores a 500has.

La carga ganadera registra una tendencia creciente desde 2002, a partir de la recuperación de la crisis socioeconómica del país y particularmente de la crisis del sector en ese período. A partir del año 2009 continúa su crecimiento, pero a mayor tasa. A escala anual, la carga frecuentemente varía de acuerdo a la rentabilidad obtenida por el productor, la cual a su vez se encuentra determinada por las condiciones climáticas y la dinámica del mercado. En líneas generales se presenta un crecimiento de las UG en el área de estudio desde 2003 a la fecha, con aumentos y disminuciones en períodos concretos, destacando un mayor crecimiento a partir de 2009.

La carga ganadera se encontró correlacionada a los valores de PPNA en todos los períodos, a excepción del año 2015 (año de sequía extrema). En términos generales son relaciones débiles ($\rho \approx 0,1$) pero significativas ($p < 0,01$) y siempre positivas. Adicionalmente, los valores de PPNA entre las categorías de carga ganadera baja ($UG < 0,5$), media ($0,5 \leq UG \leq 0,8$) y alta ($UG > 0,8$) fueron significativamente diferentes ($H=97$, $p < 0,01$), con medianas superiores en cargas superiores.

2.5.4 Variables explicativas del PPNA

Para los tres conjuntos de datos analizados, valores medios de PPNA en meses de sequía (A), meses sin sequías (B) y todo el período 2000-2015 (C), el modelo GAM de la PPNA que presentó la mayor variabilidad explicada, el mejor ajuste (menor AIC) y menor error de predicción (menor GCV) fue el que consideró todas las variables (unidades ganaderas, profundidad del suelo, textura del suelo y pendiente del suelo). La mayor variabilidad explicada del PPNA se alcanzó en el modelo B ($R^2=0,29$, $p < 0,001$), seguido del modelo C ($R^2=0,27$, $p < 0,001$), y finalmente del modelo A ($R^2=0,21$, $p < 0,001$) (Cuadro 2.2)

Cuadro 2.2. Modelos GAM para los 3 conjuntos de datos considerados. Se presenta en cada caso las variables componentes del modelo y la correlación entre los valores predichos y los valores de respuesta (R^2), la diferencia en los valores de AIC (ΔAIC) y el criterio de validación cruzada generalizada (GCV). Modelo A =modelos de PPNA en períodos de sequía; Modelo B =modelos de PPNA en períodos sin sequías; Modelo C =modelos de PPNA en todo el período 2000-2015. El submodelo 1 incluye todas las variables y los restantes no incluyen una. * $p < 0,0001$

Modelo	Variables				R^2	ΔAIC	GCV
A1	Carga (-)	Pendiente (+)	Profundidad (+)	Textura (+)	0,21*	0	0,8
A2		Pendiente (+)	Profundidad (+)	Textura (+)	0,19*	11	0,8
A3	Carga (-)		Profundidad (+)	Textura (+)	0,17*	316	0,83
A4	Carga (-)	Pendiente (+)		Textura (+)	0,18*	90	0,83
A5	Carga (-)	Pendiente (+)	Profundidad (+)		0,17*	134	0,83
B1	Carga (+)	Pendiente (-)	Profundidad (+)	Textura (-)	0,29*	0	0,71
B2		Pendiente (-)	Profundidad (+)	Textura (-)	0,26*	187	0,74
B3	Carga (+)		Profundidad (+)	Textura (-)	0,26*	199	0,74
B4	Carga (+)	Pendiente (-)		Textura (-)	0,25*	236	0,75
B5	Carga (+)	Pendiente (-)	Profundidad (+)		0,25*	230	0,75
C1	Carga (+)	Pendiente (-)	Profundidad (+)	Textura (-)	0,27*	0	0,73
C2		Pendiente (-)	Profundidad (+)	Textura (-)	0,23*	251	0,77
C3	Carga (+)		Profundidad (+)	Textura (-)	0,24*	146	0,76
C4	Carga (+)	Pendiente (-)		Textura (-)	0,22*	311	0,78
C5	Carga (+)	Pendiente (-)	Profundidad (+)		0,25*	109	0,75

En períodos sin sequías y en todo el período (2000-2015) las variables carga ganadera, profundidad del suelo y textura del suelo se asociaron positivamente con los valores de PPNA. De forma contraria ocurre con las pendientes, las cuales se asociaron negativamente.

2.5.5 Comportamiento diferencial del PPNA en eventos de sequía

La PPNA durante eventos de sequía fue variable de acuerdo al tipo de suelo, pendiente y carga ganadera. En períodos de sequía, todas las relaciones presentadas anteriormente se invirtieron, asociándose entonces la PPNA de forma negativa con la carga ganadera, las texturas pesadas y positivamente las pendientes. Esta situación se registró en sequías severas y no en sequías moderadas.

En períodos en los cuales las precipitaciones disminuyen, la PPNA disminuye a mayor tasa cuanto más profundo es el suelo. En promedio para las tres sequías, en 3 meses la PPNA de suelos superficiales disminuye un 22% mientras que el PPNA de

suelos profundos disminuye un 31%. De forma contraria, cuando las precipitaciones son abundantes, el PPNA aumenta a mayor tasa en los suelos más profundos. En promedio para las tres sequías, en 3 meses aumentó un 58% la PPNA de suelos profundos y un 36% la PPNA de suelos superficiales. Este fenómeno se manifiesta con mayor claridad y magnitud si el período de sequía es más prolongado e intenso. De manera semejante ocurre con el comportamiento de la PPNA en suelos de diferente textura. En momentos de sequía extrema el orden se invierte, registrando los mayores valores los suelos arenosos y los menores valores los suelos arcillosos ($p < 0,001$) (Figura 2.3d). Cuando las precipitaciones son abundantes esta situación se invierte nuevamente, registrando los suelos arcillosos los mayores valores de PPNA.

La correlación encontrada entre PPNA y carga ganadera fue significativa y positiva para todos los años. Sin embargo, en los meses de sequía extrema las correlaciones son negativas. En este sentido, en sequías los mayores valores de PPNA se registraron en predios con menor carga ganadera ($\rho = -0,1$, $p < 0,01$).

En períodos de sequías, la diferencia entre los valores de PPNA de los diferentes tipos de suelos es mayor en predios con cargas ganaderas bajas (Figura 2.5). Por otro lado, si la carga ganadera es baja, el efecto de la sequía en los valores del PPNA es menor para los suelos de menor aptitud pastoril (superficiales y arenosos). La incidencia de la carga en las alteraciones de los valores de la PPNA en períodos de sequía es mayor en suelos de menor aptitud pastoril (Figura 2.5). En suelos arenosos durante períodos de sequía, los valores de PPNA fueron significativamente mayores en zonas de carga ganadera baja, seguido de cargas medias y finalmente altas ($H = 39,5$, $p < 0,0001$).

En resumen, se destaca que los suelos de mayor aptitud pastoril son los que registran mayores alteraciones en los valores de PPNA en períodos de sequía. Si bien al inicio de la sequía registran una mayor disminución de la PPNA, como contrapartida son los que registran el mayor crecimiento de la PPNA cuando las precipitaciones se restablecen. La carga ganadera en general se asocia positivamente a la PPNA, a excepción de los meses de sequía en los cuales la asociación es negativa. Adicionalmente la incidencia de la carga sobre la PPNA es mayor en los suelos de menor aptitud pastoril.

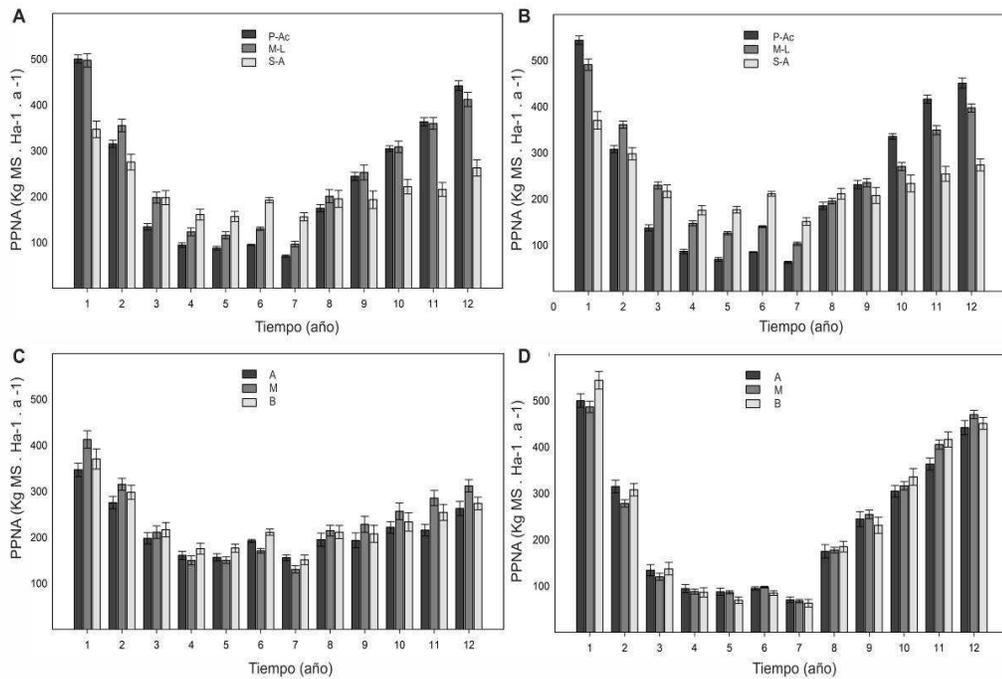


Figura 2.5. **A)** PPNA media mensual antes, durante y después de la sequía en suelos superficiales y arenosos (S-A), suelos medios y limosos (M-L) y suelos profundos y arcillosos (P-Ac) con cargas ganaderas altas; **B)** PPNA media mensual antes, durante y después de la sequía en suelos superficiales y arenosos (S-A), suelos medios y limosos (M-L) y suelos profundos y arcillosos (P-Ac) con cargas ganaderas bajas; **C)** PPNA media mensual antes, durante y después de la sequía con cargas ganaderas bajas (B), media (M) y alta (A) en suelos arcillosos (Ac); **D)** PPNA media mensual antes, durante y después de la sequía con cargas ganaderas bajas (B), media (M) y alta (A) en suelos arenosos.

2.6 DISCUSIÓN

Fueron detectadas fluctuaciones relevantes de la PPNA a niveles espacial y temporal, que estuvieron determinadas por forzantes naturales y de uso del suelo. La variabilidad temporal estuvo condicionada por las precipitaciones acumuladas de meses anteriores y por la estación del año. La mayor parte de la varianza de la PPNA explicada por las precipitaciones correspondió a los meses de verano y otoño. Además, la variabilidad espacial fue determinada por la carga ganadera, el tipo de suelo y la pendiente.

Los principales resultados sugieren que los cambios en la PPNA no están linealmente relacionados con los factores analizados, y se detectó un importante patrón espacial. La evidencia empírica proporciona información para anticipar eventos extremos, lo que permite definir y explorar estrategias que reduzcan los impactos de la sequía. Los patrones espacio-temporales observados destacan la complejidad del sistema analizado y la necesidad de gestionar esta complejidad incorporando las principales interacciones e integrando escalas espaciales y temporales (Holling, 1992; Peters et al. 2004).

2.6.1 PPNA y precipitaciones

La PPNA y las precipitaciones acumuladas fueron significativas, y la correlación aumentó a medida que se incrementa el número de meses acumulados. Este aumento de la correlación se registra hasta incluir el acumulado de los cuatro meses anteriores, y comienza a disminuir a partir de la consideración del quinto mes. Esta evidencia estadística indica la relevancia de la disponibilidad de agua en la producción primaria, la resiliencia y la inercia en la respuesta de las fluctuaciones de las precipitaciones, las que son estacionalmente dependientes. Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados sobre la incidencia de la disponibilidad de agua en el suelo en la productividad vegetal por (Ruppert et al. 2012; Sala et al. 1988) y enfatizan la importancia del ciclo de vida y de producción de las especies herbáceas y de la variabilidad estacional de la evapotranspiración. Los resultados permiten determinar la ventana temporal de oportunidad que los productores tienen

para anticipar los efectos de la sequía. Este período, variable según la temporada, es significativamente importante porque da cuenta de la flexibilidad temporal para tomar decisiones en el predio, y así poder anticipar en la decisión (vender/comprar ganado, retener ganado, comprar /almacenar suplementos, etc.).

2.6.2 PPNA y suelos

De igual manera a lo documentado por Noy-Meir (1973) y Sala et al. (1988), los mayores valores de PPNA se encontraron en suelos con mayor capacidad de retener agua (suelos profundos y arcillosos). Esto enfatiza la necesidad de considerar otros aspectos además de las precipitaciones, como ser la disponibilidad de agua en el suelo (Ibrahim et al. 2015). Adicionalmente, las propiedades químicas asociadas a los suelos arcillosos determinan en general mayor capacidad de intercambio catiónico (Brady y Weil, 2002) y mayor contenido de carbono orgánico en el suelo (Burke et al. 1989), lo que genera mayor fertilidad natural del suelo, lo cual finalmente repercute en mayor aptitud para el desarrollo de la vegetación.

Lezama et al. (2006), analizando una extensa región del centro y norte de Uruguay, definió tres unidades principales de pasturas y concluyó que la variabilidad florística estaba asociada principalmente con la disponibilidad de agua en el suelo, la que a su vez estaba determinada por la profundidad y textura del suelo y por la pendiente. De acuerdo a la georreferenciación realizada por Baeza et al. (2010), en el área de estudio del presente trabajo es posible diferenciar solamente una unidad. Más allá de que es posible que, al aumentar la escala espacial del análisis, se pueda identificar una heterogeneidad de unidades en las cuencas analizadas, probablemente esta heterogeneidad se distribuya espacialmente de acuerdo al tipo de suelo y la pendiente, principales controles de PPNA observados por Lezama et al (2006) y considerados en el presente trabajo. De esta forma, las áreas y la distribución espaciales de las unidades florísticas a escala predial, junto con la PPNA y la presencia de especies indicadoras, parecen ser componentes muy relevantes para incorporar en el proceso de toma de decisiones. Sin embargo, la generación de esta información es actualmente un gran desafío en Uruguay (Baeza et al. 2010).

2.6.3 PPNA y carga ganadera

Los resultados muestran una correlación positiva entre PPNA y la carga ganadera. Además, la carga ganadera fue superior en zonas con mayor aptitud pastoril. Estos resultados son consistentes con lo planteado por Hilbert et al. (1981), quienes sostienen que bajo ciertas circunstancias el pastoreo puede estimular la producción primaria. Por otro lado, estos resultados concuerdan parcialmente con la hipótesis de optimización de pastoreo McNaughton (1979), la que propone un crecimiento de la productividad bajo ciertos niveles de pastoreo, y sobrepasado este umbral, una disminución de la productividad. De esta manera, la hipótesis de optimización de pastoreo no sería rechazada si ocurriera que los valores de pastoreo de la zona de estudio no alcanzan el valor de optimización máximo. Una hipótesis alternativa a evaluar establece que la evidencia empírica obedece a una estrategia productiva que presiona el sistema de acuerdo al comportamiento de la productividad. Otra hipótesis alternativa a evaluar, refiere a los procesos de compensación y sobrecompensación (Belsky et al. 1993; McNaughton, 1979) de los pastizales como respuesta a la herbivoría. En este sentido, los resultados son congruentes con la hipótesis de compensación continua (CCH) (Maschinski y Whitham, 1989), que establece que las plantas serán relativamente más tolerantes a la herbivoría cuando crezcan en entornos ricos en recursos y/o de baja competencia, debido a que la relación positiva entre la carga ganadera y la PPNA solamente se registró en períodos de precipitaciones en torno a la media o superiores. Cabe destacar que las hipótesis planteadas no necesariamente son excluyentes, y que incluso pueden actuar de manera simultánea e interrelacionada.

El análisis de los valores de PPNA previo, durante y posterior a los eventos de sequía dan cuenta de la incidencia de la presión ganadera sobre la productividad. En períodos de sequía la relación existente entre PPNA y carga ganadera se invierte. Entonces, en escenarios sin restricciones hídricas la carga ganadera se asocia positivamente a la productividad, mientras que en escenarios de déficit hídrico se asocia negativamente. Estos resultados son consistentes con lo planteado por Luo et al. (2012), quienes sostienen que una carga moderada puede estimular la producción primaria en zonas de estrés hídrico.

2.6.4 Comportamiento de la PPNA en eventos de sequía

En eventos de sequía el agroecosistema presenta un comportamiento radicalmente diferente, lo cual fue constatado para todos los eventos de sequías moderadas y extremas. A diferencia de los períodos húmedos, en eventos secos los mayores valores de PPNA se registran en suelos arenosos. Esta situación destaca por un lado la importancia de la capacidad de expansión radicular por parte de la vegetación, la cual es inversa a la granulometría del suelo; y por otro que los suelos de granulometría más fina al permitir mayor evapotranspiración son por tanto menos productivos en escenarios de déficit hídrico (Noy-Meir, 1973).

Los suelos arenosos de las Pampas durante períodos de sequía se comportan de forma similar a los suelos de zonas áridas reportados por Noy-Meir (1973) y Sala et al. (1988). Cuando la restricción hídrica se levanta la recuperación en los valores de PPNA es de mayor significancia en los suelos con mayor aptitud pastoril. De esta manera, si bien los suelos profundos y arcillosos presentan los mayores valores de PPNA, son más sensibles a la sequía. De forma contraria, los suelos arenosos que suelen presentar menores valores de PPNA se ven menos afectados en eventos de sequía. Estos resultados son concordantes con la hipótesis inversa de la textura (Noy-Meir, 1973), que establece que suelos de textura gruesa presentan una mayor producción que los suelos de textura fina al reducir la evaporación en condiciones áridas, mientras que en condiciones húmedas los suelos de textura fina, con mayor capacidad de retención de agua, son más productivos. Adicionalmente, se presentan como hipótesis alternativa que el ensamble de especies de suelos superficiales y arenosos se encuentran mejor adaptados al déficit hídrico, debido a su escasa capacidad de retención de agua. La evidencia sugiere nuevamente la relevancia de la identificación de especies indicadoras y la de la estimación del área de cobertura de cada unidad florísticas a escala predial, para seleccionar opciones de adaptación más adecuadas. Entonces, es relevante explorar en detalle las relaciones entre la composición de especies y la PPNA y sus implicaciones en el proceso de toma de decisiones.

Las cuatro principales forzantes y los posibles modelos causales probados con la modelación GAM explicaron un porcentaje importante de la variabilidad de

PPNA, que varió entre 21 y 29%. No obstante, otros posibles controles aún permanecen desconocidos. El manejo del ganado a escala predial, específicamente el diseño de los potreros y la rotación del ganado, emergen como factores relevantes para explorar. La distancia de los potreros y al interior de ellos también podría contribuir en esta explicación. Otras variables a explorar, incluidas en los análisis de Ruppert et al. (2012), son la historia productiva y su vinculación con la degradación del suelo y de los pastizales. Si bien en el área de estudio la historia productiva se asocia a la ganadería extensiva en todos los casos, manejos diferentes asociados a diferencias en la aptitud del suelo pueden haber generado procesos diferenciales de degradación de los recursos naturales, no relevados en este trabajo, y que podrían explicar diferencias en la PPNA.

2.6.5 Trayectoria histórica del sistema

La evidencia empírica permite distinguir claramente dos períodos diferentes en la tendencia del PPNA: una tendencia decreciente entre 2000 y 2009 y una tendencia creciente entre 2010 y 2014. El patrón temporal del primer período es consistente con lo documentado para la región por los estudios realizados a escala global por Zhao y Running (2010).

El aumento en la carga ganadera no siempre estuvo acompañado por un aumento en la productividad. La PPNA no se correlacionó con la carga ganadera declarada por los productores hasta 2009, y sí se correlacionó entre 2010-2015 (con un cierto rezago). Aunque la tendencia general de todos los productores fue a aumentar la carga, este aumento ha sido mayor que el aumento de la productividad de los pastizales. Esta situación pone en evidencia el riesgo potencial del área de estudio, en la cual los productores ganaderos asumen a la productividad de los pastizales y a la carga ganadera, en ciertos momentos, como variables independientes. El gran incremento en la carga ganadera, asociado a cambios en el uso del suelo y su consecuente reducción en el área ganadera, y la disminución en el stock de ovinos (Tommasino, 2010), genera un desacople entre la carga ganadera y las variables de productividad, lo cual determina un aumento en la vulnerabilidad. Un aumento exitoso de la capacidad de adaptación podría mitigar los impactos de

este proceso, por lo que, los mensajes y los posibles apoyos económicos e incentivos de las políticas públicas se vuelven extremadamente necesarios.

2.6.6 PPNA y proceso de toma de decisión

Las estrategias adoptadas por los productores se asocian casi exclusivamente con el manejo de la carga ganadera y generalmente se consideran dos escalas temporales. En períodos reducidos, las estrategias se definen en función de la productividad de pastizales de los últimos meses. En períodos más largos, se definen en función de la productividad y la rentabilidad de los últimos años. Estas estrategias, que se desarrollaron para aumentar el tamaño del rodeo en años favorables como método de capitalización, tuvieron éxito en períodos favorables cuando el acceso a la tierra era mayor. Actualmente, considerando el aumento del precio y la escasez de tierras debido a la competencia de otros usos de la tierra (principalmente la forestación), su éxito parece incierto, especialmente durante la sequía. Además, estas estrategias generalmente aumentan la vulnerabilidad debido a su carácter reactivo luego de un proceso ya consolidado. Un gran desafío para la política pública es proporcionar herramientas para garantizar la sostenibilidad económica de los productores, y para asegurar que estas alternativas no aumenten su vulnerabilidad en períodos de sequía.

Los resultados obtenidos en este trabajo contribuyen a orientar el manejo del predio a diversas escalas. El análisis de la variabilidad espacial del PPNA aporta información para la definición de los potreros (i.e: considerando tipo de suelos) y el análisis de la variabilidad temporal aporta información a escala intrapredial (i.e: rotación del ganado dentro de los potreros de acuerdo a las precipitaciones de los 4 meses anteriores). Asimismo, el análisis de la variabilidad temporal orienta el proceso de definición de la carga que puede mantener cada predio en un período determinado, permitiendo anticipar las decisiones de compra y venta de ganado.

La variabilidad de la productividad genera situaciones diferenciales entre los productores. La complementación por parte de los productores en función de la diversidad de los recursos se presenta como una alternativa de alto potencial a ser explorada, alternativas que se han implementado exitosamente en otros sectores agropecuarios.

Las respuestas gubernamentales a las sequías suelen ser reactivas en todo el mundo, enfocándose en el manejo de la crisis, y generalmente aplicándose fuera de tiempo y en forma descoordinada (Wilhite et al. 2014). Avanzar en la generación de estrategias proactivas de respuesta y adaptación a los eventos de sequía es indispensable para reducir la vulnerabilidad de los sistemas ganaderos sobre pastizales naturales.

2.7 PERSPECTIVAS

La ganadería del área de estudio presenta una serie de desafíos para reducir su vulnerabilidad a la sequía, para lo cual es necesario avanzar en la generación y transmisión de conocimiento y también en la implementación de políticas públicas que promuevan varias transformaciones.

A nivel individual, el primer desafío es poder aumentar la eficiencia en la gestión predial y aumentar la flexibilidad del establecimiento. En este sentido, es fundamental cambiar el foco de análisis de los productores, pasando de analizar exclusivamente el ganado a analizar la productividad de los pastizales. A las recomendaciones actuales sobre considerar la altura del pastizal para la toma de decisiones, se debe agregar el análisis de especies que puedan indicar unidades florísticas y posteriormente un comportamiento asociado, a fin de anticipar el comportamiento de los pastizales en función de las precipitaciones pasadas y la carga ganadera. Avanzar en este sentido es un gran desafío en Uruguay, dado que se refiere a un tema históricamente pospuesto dentro de los estudios relacionados con la ganadería.

A nivel colectivo, se destaca la necesidad de avanzar en la evaluación de la planificación del uso del suelo para maximizar las actividades en la región. También, resulta clave conocer cómo los productores pueden complementarse entre sí.

Finalmente, a nivel individual y colectivo, es un gran desafío avanzar en las evaluaciones de cuáles son los incentivos económicos o fiscales que pueden favorecer estas transformaciones.

3. CONTROLES INTERNOS QUE DETERMINAN LA VULNERABILIDAD Y LA CAPACIDAD DE RESPUESTA A LA SEQUÍA DE LOS PRODUCTORES GANDEROS

Este capítulo se basa en: *Díaz I, Achkar M, Mazzeo N. 2017. External Drivers and Internal Control Factors that Determine the Vulnerability and Response Capacity to Drought of Cattle Producers in the Sierras Del Este Region of Uruguay. Journal of Agricultural Science, 10(1):190-203. (Anexo 1).*

3.1 RESUMEN

Los productores ganaderos de la Sierras del Este conforman uno de los grupos de mayor vulnerabilidad al cambio y la variabilidad climática en Uruguay. Pese a esta característica común es un sistema heterogéneo, lo que sugiere que sean diferenciales las alternativas y estrategias para responder a estos eventos. El objetivo de este artículo fue evaluar las variables que determinan la vulnerabilidad a la sequía de los productores, y las principales capacidades a desarrollar para afrontarla. El abordaje focaliza en la identificación de las capacidades necesarias para afrontar la sequía y busca identificar grupos semejantes de productores dado que el diseño de políticas públicas no puede desarrollarse de forma individual. Para la evaluación se integraron consultas a productores ganaderos y a especialistas y análisis estadísticos multivariados. Los principales resultados destacan que el 69% de la varianza de la vulnerabilidad del sistema se puede definir a partir de 4 componentes (Capacidad para manejar la actividad, Capacidad socio-económica, Capacidad para acceder a fuentes de alimentación alternativas y Flexibilidad comercial y financiera). Estos componentes determinan 4 grupos de respuesta que posibilitan diferenciar 7 grupos de productores con diferencias significativas en las capacidades disponibles para responder a la sequía. La estrategia metodológica permitió operativizar los conceptos vulnerabilidad y capacidad de respuesta e identificar estrategias para afrontar los eventos de sequía en función de la vulnerabilidad de cada grupo de productores.

Palabras clave: ganadería, vulnerabilidad, adaptación, variabilidad climática.

EXTERNAL DRIVERS AND INTERNAL CONTROL FACTORS THAT DETERMINE THE VULNERABILITY AND RESPONSE CAPACITY TO DROUGHT OF CATTLE PRODUCERS

3.2 SUMMARY

Increased response and adaptation capacity are key elements for coping with climate threats. Cattle producers in the Sierras del Este region are one of several groups that are the most vulnerable to climate variability in Uruguay. Despite this commonality, it is a heterogeneous system, which suggests that strategies to respond to these events are divergent. The objective of this work is to identify and evaluate the vulnerability of cattle producers to drought and determine drought response strategies. A new approach is proposed and focuses on the identification of differential capacities to address the vulnerabilities. In addition, this approach seeks to define groups of similar producers of vulnerability since the design of public policies cannot be developed in isolation. For evaluation, we provided consultations with livestock producers and specialists from which we collected our data. Data was analysed using multivariate statistical analyses. Our results indicated that 69% of the system's vulnerability variance can be explained by 4 components: the capacity for cattle management, the socio-economic capacity to handle drought, the capacity to generate alternatives to cattle feeding, and the commercial and financial flexibility of the producers. These findings also yielded response groups that, in turn, identified 7 producer groups with significant differences in the available and necessary capacities to respond to drought. This methodological strategy allowed the operationalization of the vulnerability and responsiveness concepts, and the identification of strategies for these events. Additionally, this strategy creates an understanding of the complexity of the system and the variables that contribute to it.

Keywords: livestock, vulnerability, adaptation capacity, climate variability.

3.3 INTRODUCCIÓN

La ganadería extensiva es una de las principales actividades agropecuarias de Uruguay considerando su superficie (más de 75 % de la superficie agropecuaria del país), número de productores, establecimientos agropecuarios (más del 80% del total del país), y participación en las exportaciones (más del 29% del total) (DIEA, 2015). Si bien el clima uruguayo es templado y húmedo, la ocurrencia de sequías agronómicas es la amenaza meteorológica de mayor importancia (Cruz et al. 2014). Las pérdidas económicas de las últimas sequías (2006, 2008, 2009 y 2015) han superado las centenas de millones de dólares (OPYPA, 2009, 2016).

Los productores ganaderos familiares que desempeñan su actividad sobre pastizales naturales son particularmente vulnerables a los eventos de sequía debido a sus características y estrategias productivas, a la forma de tenencia de la tierra y a la superficie que gestionan.

Para la implementación de políticas más eficientes, la institucionalidad agropecuaria de Uruguay ha determinado dos regiones prioritarias de acuerdo a su alta vulnerabilidad al cambio y la variabilidad climática. Estas dos regiones han sido definidas principalmente por la presencia de productores familiares ganaderos y un conjunto de atributos geofísicos, principalmente tipos de suelo. Así, la delimitación de las dos regiones se debe a una definición parcial de vulnerabilidad y se elabora a partir de pocas variables. Además, esta definición determina que la vulnerabilidad sea difícil de evaluar dentro de los marcos de evaluación de vulnerabilidad actuales.

3.3.1 Evaluación de la vulnerabilidad

Los estudios de vulnerabilidad son el punto lógico de partida para los tomadores de decisiones encargados de desarrollar planes para reducir la vulnerabilidad y generar estrategias de respuesta (Moser y Ekstrom, 2010). En las últimas décadas, los estudios de vulnerabilidad han sido abordados desde variados campos disciplinares (geografía, ecología, ciencias políticas, etc.) y se ha transformado en un concepto emergente para las ciencias climáticas, lo cual ha impulsado su desarrollo teórico (Cardona, 2003; Füssel y Klein, 2006). Desde hace varios años, la definición y el marco de mayor aceptación y de mayor utilización

corresponde al propuesto por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (McCarthy et al. 2001).

La diversidad de abordajes epistemológicos y de disciplinas involucradas, han determinado diversos abordajes para la evaluación de la vulnerabilidad (Füssel, 2007; Gallopín, 2006; Luers, 2005; Soares et al. 2012). La tendencia general en las evaluaciones de vulnerabilidad ha sido una transición desde la identificación de potenciales impactos orientado a la implementación de medidas de mitigación, a la definición y priorización de la localización de los recursos para la implementación de medidas de adaptación (Füssel y Klein, 2006). Además, que han incrementado la escala de análisis, la consideración de factores no climáticos, los abordajes multidisciplinarios y han promovido un mayor involucramiento de los beneficiarios en el proceso de evaluación.

Actualmente, la mayoría de las evaluaciones se centran en la definición realizada por (McCarthy et al. 2001) y profundizada por (Chapin et al. 2009). Estos marcos han sido considerados en numerosas evaluaciones cuantitativas de vulnerabilidad, principalmente mediante la elaboración de índices (por ejemplo: Adger, 2006; Aryal et al. 2014; Füssel y Klein, 2006; Hahn et al. 2009; Sullivan, 2011). Esta aproximación ha sido frecuentemente la más utilizada dado que posibilita una fácil interpretación y provee una buena explicación de la contribución de los factores socioeconómicos y biofísicos, son de gran utilidad para el monitoreo y el estudio de tendencias, y son aplicables a diversas escalas espaciales y temporales (Gbetibouo y Ringler, 2009). Además, permiten analizar la variabilidad espacial y temporal de las variables que componen el modelo definido, y los grupos y zonas con mayores valores de vulnerabilidad (Pandey, 2010).

Frecuentemente, las evaluaciones de vulnerabilidad han permitido planes de adaptación que no consideran la diversidad de situaciones sociales dentro de una región (Andersen et al. 2007). El agrupamiento según similitud de zonas y productores, es una forma muy útil de representar la diversidad y una oportunidad para diseñar políticas para toda la gama de productores (Marshall y Smajgl, 2013; Marshall y Stokes, 2014).

3.3.2 Evaluación de la vulnerabilidad a la sequía

En las últimas décadas, la comprensión de los fenómenos de sequía y su evaluación se ha complejizado, entendiéndose que constituyen una problemática multidimensional que trasciende la dimensión climática y que se encuentra condicionada por numerosos controles que involucran atributos físicos, sociales, productivos y económicos (Blaikie et al. 1994). Adicionalmente, la incidencia de la sequía en diferentes sectores productivos y grupos de población es diferencial y espacialmente complejo, de acuerdo a las diferencias biofísicas, sociales y productivas de cada zona (Downing y Bakker, 2000; Wilhelmi y Wilhite, 2002).

A nivel mundial, los abordajes más comunes han recurrido a la integración y agregación de variables para la conformación de subíndices, posteriormente agregados en un índice general de vulnerabilidad. La integración de variables ha oscilado entre la consideración de igual peso en las variables, la ponderación por parte de expertos académicos o población local, o la utilización de métodos estadísticos multivariados (Antwi-Agyei et al. 2012; Pandey, 2010; Wilhelmi y Wilhite, 2002; Zarafshani et al. 2012).

Mediante estas metodologías, mayoritariamente se han identificado zonas con mayor vulnerabilidad relativa y variables con mayor incidencia. Esta información ha servido de base para definir la orientación principal de las medidas de adaptación a pequeña escala. Sin embargo, en estos abordajes no se ha alcanzado el nivel de detalle necesario para la identificación a escala local del comportamiento de cada variable, de cada grupo ni de cada lugar en particular, principalmente en zonas relativamente homogéneas y para productores relativamente homogéneos (Antwi-Agyei et al. 2012; O'Brien et al. 2004). Esta situación pone en evidencia la necesidad de la multiescalaridad y también de transitar hacia grandes escalas de análisis.

Por lo tanto, la evaluación de la incidencia de cada variable requiere un enfoque más detallado, que permita la identificación de las diferencias dentro de un contexto relativamente homogéneo, situación particularmente relevante para la evaluación de la vulnerabilidad de los productores ganaderos de las Sierras del Este. En este sentido emergen las siguientes preguntas: ¿qué factores y atributos determinan la vulnerabilidad de los productores ganaderos a la sequía? ¿cómo se agrupan los factores y atributos priorizados por los productores? ¿Se agrupan por dimensión o por los componentes clásicos de vulnerabilidad? Adicionalmente y a

partir de los factores identificados por el productor, ¿cuál es la situación de cada productor? ¿cuál es la relación entre los factores y atributos priorizados y el estado de situación?, y finalmente si ¿el grupo objetivo es una unidad operacional apropiada para las políticas públicas actuales? De esta manera, el objetivo de este trabajo fue identificar y evaluar las variables que determinan la vulnerabilidad de los productores ganaderos a la sequía y determinar las principales estrategias de respuesta.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1 Área de estudio

El área de estudio está delimitada por las cuencas de los A° Barriga Negra y A° Polanco y presenta una superficie aproximada de 72600ha. Se localiza en la región Sierras del Este, Uruguay, entre los 33° 50' y los 34° 11' de latitud sur y los 54° 60' y 55° 19' de longitud oeste (Figura 1.1). Los suelos dominantes son de fertilidad media, las pendientes moderadas a fuertes y los pastizales naturales son el ecosistema con mayor superficie.

En la zona de estudio se localizan aproximadamente 100 productores que desarrollan la actividad ganadera mayoritariamente sobre pastizales naturales. La extensión media de los predios es de 150ha CONEAT100, registrándose productores con menos de 20ha y productores con 1300ha. La mayoría de los productores desarrolla una ganadería mixta (bovina y ovina), más del 30% de los productores no reside en el predio de forma permanente y un importante grupo de productores realiza otras actividades económicas además de la ganadería, principalmente como asalariado en otros establecimientos agropecuarios. Dentro de las principales características demográficas de los productores se presenta una edad media superior a los 50 años, nivel socioeconómico medio y un alto índice de masculinidad.

La superficie destinada a la ganadería ha disminuido en las últimas décadas producto del avance de la forestación. Si bien el 70% de la superficie de estudio se encuentra dentro de la zona de prioridad forestal definida en la legislación uruguaya, actualmente más del 73% de la superficie está destinada a la ganadería extensiva.

La región Sierras del Este ha sido identificada a nivel gubernamental como una de las zonas de mayor vulnerabilidad a la sequía debido a sus características físicas (pendientes y suelos) y productivas (productores pequeños y/o familiares) (MGAP, 2012). En la última década, un conjunto importante de políticas públicas ha beneficiado a varios productores ganaderos de la zona. Entre ellas se destacan el Plan Ganadero, Plan de Producción Responsable, Plan de Apoyo a la Cría Vacuna, Plan Ovino y Plan de Producción Familiar, por medio de la DGDR-MGAP.

3.4.2 Estrategia de investigación

La investigación se basa en que el proceso de identificación de acciones y respuestas a las amenazas es crucial para la planificación y el manejo a varias escalas (local, regional y nacional). La vulnerabilidad, la exposición y la sensibilidad son diferenciales según la zona y/o grupo de población, y por tanto necesariamente deberán ser diferentes las estrategias de adaptación y respuesta. Por tanto, se propone evaluar a la totalidad de las variables que inciden en la vulnerabilidad, para analizar el conjunto de medidas necesarias para afrontarla. El abordaje pone el foco en la identificación de las capacidades diferenciales necesarias para afrontar la vulnerabilidad y no en una cuantificación de ésta.

La estrategia integró la identificación de los factores que determinan la vulnerabilidad a la sequía, la evaluación de su relevancia y la definición de grupos de productores con valoraciones semejantes (Figura 3.1)

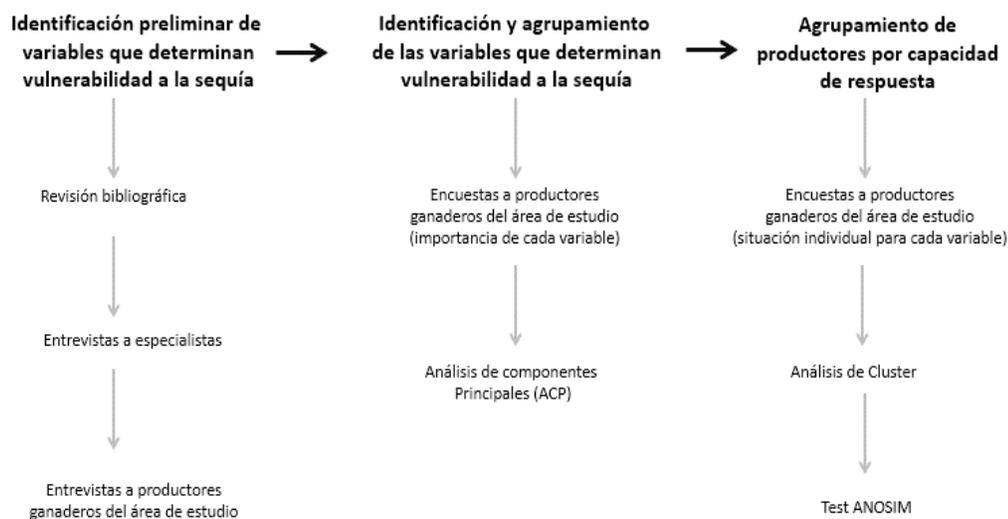


Figura 3.1. Esquema de la estrategia de investigación.

3.4.3 Elaboración de la base de datos

En primera instancia, mediante revisión de la bibliografía científica, se identificó un conjunto de forzantes externas y factores internos con potencial incidencia en la vulnerabilidad a la sequía. Como resultado de este proceso fueron identificadas 45 variables, que se asociaron a la dimensión biofísica, socio-económica, cultural, productiva y financiera. Posteriormente este conjunto de variables fue analizado con 10 productores de la zona de estudio y 5 especialistas en ciencias agrarias y en geografía. Finalmente, el conjunto de variables identificadas con incidencia en la vulnerabilidad a la sequía de los productores ganaderos de la zona se redujo a 34.

El conjunto de las principales forzantes del sistema estuvo representado por variables climáticas (precipitaciones y evapotranspiración) y de usos del suelo. Debido a la dimensión del área de estudio y sus características físicas (altimetría) es posible asumir que no hay diferencias significativas de exposición biofísica dentro del área de estudio. Por otro lado, la incidencia de los cambios en el uso del suelo se expresó mediante la expansión de la forestación exótica sobre tierras ganaderas, lo cual generó una reducción de la superficie de pastizales naturales y un incremento en el precio de la tierra. Esta presión se ha extendido a toda el área de estudio determinando que el incremento del precio de la tierra no haya presentado

diferencias significativas en las cuencas analizadas, y tampoco haya sido diferencial la dificultad para acceder a nuevas tierras. El comportamiento de este conjunto de variables (exposición), puede ser asumido como constante y por tanto no fueron incluidas en el análisis.

La siguiente etapa incluyó el relevamiento de las 34 variables de cada productor, realizada mediante entrevistas semiestructuradas. En primera instancia se consultó sobre la importancia que le asignaban a cada variable y en segundo lugar se relevó la situación en la cual se encontraba cada productor respecto a esa variable. Finalmente, los productores fueron consultados sobre la factibilidad para tomar las medidas necesarias para afrontar las variables identificadas. Se optó por una valoración entre 1 y 5 para cada variable, donde 1 significó poco importante (o situación crítica) y 5 muy importante (o situación muy favorable). En esta etapa, se consultaron a 35 productores ganaderos, los cuales representan a más 50% de los productores que realizan sus actividades productivas y residen de forma permanente en la zona de estudio.

Como resultado de todo este proceso se generaron dos matrices de datos de 34 x 35. La primera refiere a la importancia de cada variable (matriz importancia) y la segunda a la situación de cada productor con respecto a esa variable (matriz situación).

3.4.4 Análisis de datos

Esta etapa integró métodos exploratorios multivariados y pruebas de hipótesis multivariadas. Para la identificación de las variables de mayor relevancia en el modelo explicativo de la variabilidad a la sequía se utilizaron técnicas multivariadas de ordenación indirecta. Estas técnicas han sido ampliamente utilizadas en diversos campos disciplinares, y últimamente ha sido aplicada al análisis de vulnerabilidad (por ejemplo: Abson et al. 2012) y riesgo (por ejemplo: Gazzano et al. 2015). Un abordaje similar al utilizado por Usai et al. (2006) y Marshall y Stokes (2014) fue implementado, inicialmente con análisis de componentes principales (ACP) para la identificación y agrupamiento de variables y luego utilizando el análisis de agrupamiento (AA) para la agrupación de productores.

El ACP es una poderosa herramienta de exploración de datos que permite convertir una serie de variables correlacionadas en un conjunto menor de variables no correlacionadas que capturan la variabilidad de los datos. El proceso de identificación de variables se desarrolló utilizando la matriz de importancia. Para la selección de los componentes se tomó como criterio general que cada componente presentara un valor propio mayor a 1 y explicara una varianza mayor al 5%.

A partir de los componentes y variables identificadas, se continuó con la implementación de métodos exploratorios realizando un AA. En este caso el objetivo fue determinar grupos de productores con disimilitud en su situación respecto a las variables que determinan la vulnerabilidad a la sequía. Los métodos de agrupamientos permiten la identificación de grupos de individuos, donde se maximice la homogeneidad entre grupos y la diferencia con los otros grupos. De esta forma, la agrupación de productores se realizó según los valores de situación (matriz de situación), en variables identificadas por el ACP para los valores de matriz de importancia. El AA se basó en el método de clasificación de centroides más cercano (Anderberg, 1973) utilizado por Usai et al. (2006).

Posteriormente, se analizó si las diferencias entre los grupos identificados eran estadísticamente significativas. Se recurrió a la prueba ANOSIM (rA), test no paramétrico que evalúa la significancia de la diferencia entre los valores de dos o más grupos, mediante la medición de la distancia de los valores de sus matrices de (dis)similitud (Clarke, 1993). Se utilizó como método la distancia euclidiana con la corrección de Bonferroni, con 9999 iteraciones.

Los análisis de datos se realizaron con el software R (R-Team, 2017) y en todos los test estadísticos se estableció un nivel de significancia de 0,05.

3.5 RESULTADOS

3.5.1 Variables y atributos que condicionan la vulnerabilidad

La integración de la revisión bibliográfica, las entrevistas a especialistas y a productores ganaderos permitió la identificación de 34 variables con potencial incidencia en la vulnerabilidad a la sequía (Cuadro 3.1).

El ACP permitió en primera instancia reducir el número de 34 variables a 16. Para esto se realizaron varias corridas del ACP y en cada caso fueron descartándose aquellas variables que determinaban bajos valores en el índice KMO y la prueba de Bartlett y que además no contribuían a explicar la varianza observada.

Las 19 variables excluidas, están correlacionadas y/o interactúan generando otra variable de mayor importancia o de mayor visualización por parte de los productores. En este caso destaca como ejemplo la exclusión de las variables tipo de suelo, degradación del suelo y pendiente, las cuales se sintetizan en la variable productividad del campo natural. Otras variables excluidas respondieron posiblemente a la homogeneidad de los productores respecto a esa cualidad. En este caso se destacan como ejemplo, la experiencia en el rubro y en la actividad, la forma de tenencia o la relación entre los precios de compra y de venta, entre otros.

Los primeros cuatro componentes lograron capturar el 69% de la varianza del sistema, conformado por 16 variables (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.1. Lista preliminar de las variables que determinan la vulnerabilidad de los productores ganaderos a la sequía.

VARIABLES biofísicas	productividad del campo natural, disponibilidad de suelo con aptitud para forraje, degradación del suelo, tipo de suelo, pendientes del terreno, acceso al agua y superficie de monte natural
VARIABLES económicas	ingresos prediales, disponibilidad de otros ingresos, posibilidad de acceso a créditos, disponer o generar ahorros, superficie para la actividad, forma de tenencia, relación de precios (compra /venta), dependencia de la actividad, flexibilidad comercial, inversión en el predio.
VARIABLES socioculturales	agregación, vínculos comerciales con productores vecinos, experiencia en el rubro, experiencia en sequías, confianza en productores cercanos, desconfianza en productores cercanos
VARIABLES productivas	ajuste de carga, acceso a complementos y raciones, posibilidad de arrendar en sequías, manejo del rodeo ² , proporción de alimentación campo natural/ración, producción de forraje y raciones, flexibilidad para desprenderse del ganado en momentos críticos, acceso a asistencia técnica, capacidad de inversión en el predio, ayudas alternativas en momentos de crisis, acceso a políticas públicas, capacidad para anticiparse a momentos críticos.

Cuadro 3.2. Componentes principales de la importancia de cada variable en vulnerabilidad.

VARIABLES	CP1	CP2	CP3	CP4
Ajuste de carga	0,806	0,116	0,186	0,131
Superficie para la actividad	0,781	-0,103	0,128	0,082
Acceso a asistencia técnica	0,715	0,385	0,036	0,088
Manejo del rodeo	0,668	0,111	0,246	0,012
Productividad del campo natural	0,647	0,316	0,244	0,222
Disponibilidad de otros ingresos	0,089	0,843	-0,100	-0,047
Disponer o generar ahorros	0,264	0,734	0,148	0,083
Acceso a políticas públicas	0,028	0,614	0,358	0,231
Vínculos comerciales con productores vecinos	-0,093	0,608	0,549	0,242
Producción de forraje y raciones	0,239	0,144	0,874	-0,154
Disponibilidad de suelo con aptitud para forraje	0,365	-0,085	0,756	0,244
Acceso a complementos y raciones	0,103	0,438	0,489	0,280
Posibilidad de arrendar tierras en momentos de sequías	0,363	0,381	0,488	0,097
Posibilidad de acceso a créditos	0,327	-0,130	0,275	0,812
Flexibilidad comercial (compra/venta)	0,236	0,340	-0,104	0,784
Capacidad de inversión en el predio	0,523	-0,246	-0,134	0,594
Proporción	35,427	15,626	9,289	8,669
Acumulado	35,427	50,053	59,342	68,01

3.5.2 Agrupamiento de productores

² Se consideró buen manejo a la aplicación de la mayoría de las siguientes prácticas y tecnologías de forma simultánea: diseño de potreros, rotación, destete precoz, manejo de la condición corporal, diagnóstico de gestación, revisión de toros y adecuación de la época de entore.

A partir de los componentes identificados previamente, se logró agrupar a los productores ganaderos en 6 grupos (Figura 3.2), que presentan diferencias significativas en cuanto a sus relaciones de disimilitud ($r_A=0,91$; $p<0,001$). No fue considerado un grupo conformado únicamente por un productor.

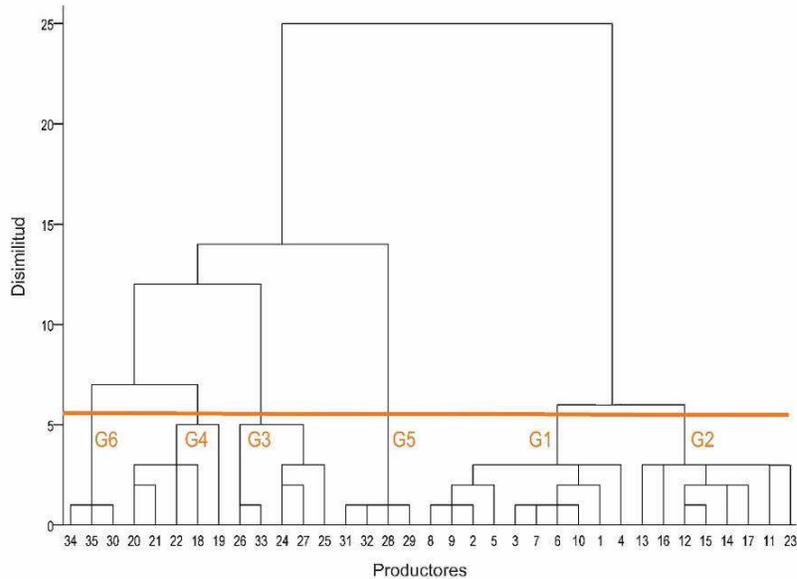


Figura 3.2. Dendrograma de los 6 grupos de productores de acuerdo a los 4 componentes.

El grupo de productores N°1 integró a 10 productores que en los tres primeros grupos de respuesta presentaron los valores más bajos y en el cuarto apenas superando al grupo de productores N°2 (Figura 3.3). Dentro de las principales características en común destaca que son productores pequeños, con un manejo casi exclusivo del campo natural, con pocas posibilidades de acceder a créditos y ayudas, y con poco margen financiero para la implementación de alternativas. El grupo de productores N°2 se conformó por productores con valores bajos en los cuatro grupos de respuesta. En términos relativos con otros productores, los valores más bajos se asociaron a los componentes 2 y 4 (Figura 3.3). Corresponde a productores pequeños y/o familiares, que gestionan pequeñas dimensiones, que acceden a políticas públicas y tienen buenos vínculos comerciales con sus vecinos. Además, presentan poca capacidad de ahorro y no disponen de otros ingresos. No disponen de superficies significativas para la producción de forrajes y en momentos críticos realizan compra

de raciones. Presentan una capacidad financiera limitada y muy poca flexibilidad para realizar transacciones comerciales en situaciones críticas. El grupo de productores N°3 presentó valores altos en los componentes 1, 3 y 4, y valores medios en el 2 (Figura 3.3). Estos productores gestionan dimensiones medias y grandes, con buen manejo del rodeo (aplican la mayoría de las siguientes prácticas y tecnologías: diseño de potreros, rotación, destete precoz, manejo de la condición corporal, diagnóstico de gestación, revisión de toros, adecuación de la época de entore, etc), una carga ganadera ajustada a las condiciones prediales, y presentan otros ingresos o tienen fuertes vínculos con vecinos. Los productores que presentan otros ingresos en general gestionan mayores superficies y no se vinculan con los productores vecinos, y viceversa. Debido a estas características excluyentes, los valores en el componente 2 son medios, dado que no hay productores con altos valores en todas las variables. Finalmente, los productores de este grupo presentan buenas posibilidades de producción y/o compra de forrajes, y tienen buena capacidad financiera. El grupo de productores N°4 presentó valores medios a altos en los primeros 3 componentes y un valor bajo en el último (Figura 3.3). Son productores medios y grandes, con un buen manejo del rodeo, con alta producción de forraje y que disponen de otros ingresos o acceden a políticas públicas. Además, tienen buen vínculo con los productores cercanos y una capacidad financiera media. En general presentaron una capacidad comercial muy baja, explicada principalmente por dificultades para desprenderse de ganado en momentos de bajas precipitaciones. El grupo de productores N°5 presentó valores medios en los componentes 1 y 2, bajos en el 3 y muy alto en el 4 (Figura 3.3). Este grupo se conformó por productores que manejan una superficie pequeña, pero con una carga ajustada y con una asistencia técnica constante. Para estos productores la ganadería no es su actividad principal lo cual implica una menor dependencia. Además, presentan la posibilidad de acceder a otros ingresos, una mayor capacidad de inversión y una mayor flexibilidad comercial. Este grupo integró productores con formación agraria terciaria y que no residen en el predio de forma constante. Finalmente, el grupo N°6 presentó valores muy altos en los componentes 1 y 2, y valores altos en los componentes 3 y 4 (Figura 3.3). Este grupo se integró por productores que manejan una gran superficie, con una carga ganadera ajustada, con altos ingresos prediales y extraprediales, y que disponen de ahorros para la búsqueda

de alternativas. Además, en períodos de sequía, no suelen tener problemas de acceso a complementos y raciones. Adicionalmente y producto de la superficie manejada, presentan grandes superficies para la producción de forraje.

Se destaca que los productores de los grupos N°1 y N°2 (50%) presentan valores bajo en los todos los componentes y que solo los productores de los grupos N°3 y N°6 (25%) presentan valores altos.

Por otro lado, se resalta que la jerarquización hecha por los productores sobre la importancia de cada variable en la explicación de la vulnerabilidad a la sequía no se asoció con el estado de su situación. Como resultado, las correlaciones en la importancia de las variables y en su situación respecto a éstas, no fueron significativas ($p>0,05$).

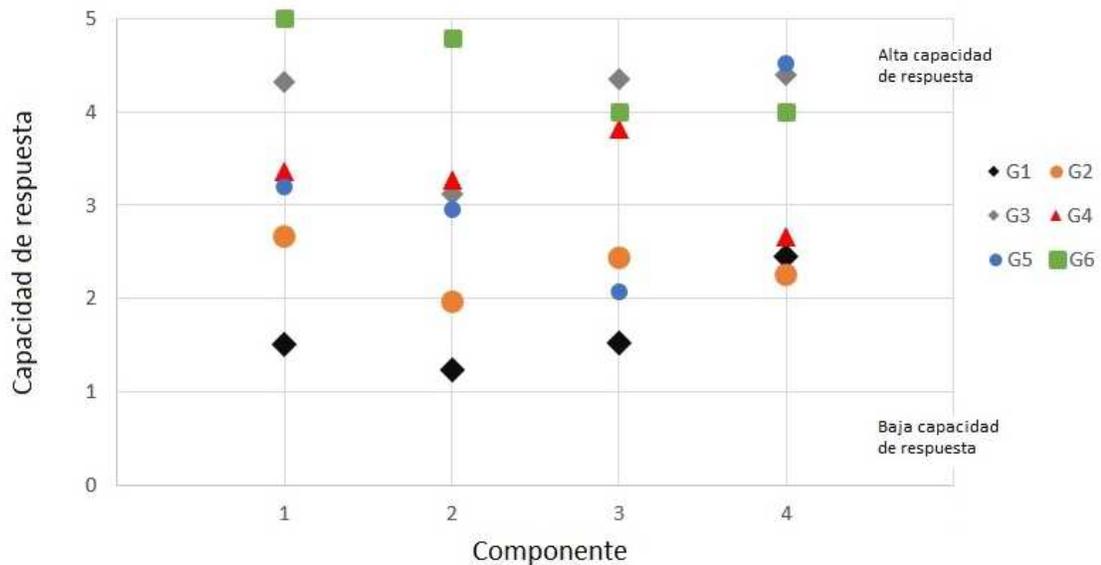


Figura 3.3. Valores medios de cada grupo de productores según componente.

3.6 DISCUSIÓN

El abordaje propuesto permitió identificar un conjunto de variables que determinan 4 componentes que se asocian a grupos de respuestas para disminuir la vulnerabilidad a la sequía. Estos grupos de respuesta quedaron definidos por variables de la dimensión física, económica-financiera, productiva y sociocultural, lo cual reafirma que la sequía y la vulnerabilidad a la sequía son procesos

multidimensionales y complejos (Blaikie et al. 1994; Wilhelmi y Wilhite, 2002). De acuerdo a la importancia asignada por los productores, los componentes definidos fueron: Capacidad para manejar la actividad (CMA); Capacidad socio-económica (CSE); Capacidad de acceder a fuentes de alimentación alternativas (CAFAA); Flexibilidad comercial y financiera (FCF). Estos grupos no tienen una correlación directa con los agrupamientos clásicos de variables realizados en abordajes de sensibilidad y capacidad adaptativa, y tampoco con las clasificaciones clásicas de los sistemas socioambientales. La gran mayoría de los productores identificaron que su situación actual les impediría responder adecuadamente a una sequía. Además, la situación del productor no se asoció con las capacidades de respuesta que ellos habían identificado. Los resultados permiten diferenciar 6 grupos de productores con diferentes situaciones respecto a sus capacidades para enfrentar la sequía.

La metodología utilizada presentó similitudes con los enfoques realizados por Marshall y Stokes (2014) y Usai et al. (2006). Pero, a diferencia del primer enfoque, en este trabajo las variables no estaban predeterminadas, y a diferencia de ambos enfoques, la identificación de las variables se realizó de acuerdo con la importancia asignada a cada variable por los productores. En ambos antecedentes, la información utilizada refirió al estado de la situación de los productores. En el presente trabajo, la información se utilizó para identificar grupos de productores y priorizar las capacidades a desarrollar por cada grupo.

El primer componente correspondió a la capacidad para manejar la actividad ganadera, capacidad central de forma estructural y particularmente en coyunturas climáticas desfavorables. En este componente se destaca la variable ajuste de la carga ganadera, variable determinante del valor bruto de producción de la sustentabilidad y viabilidad del establecimiento ganadero (McKeon et al. 2009; O'Reagain et al. 2014) y de la vulnerabilidad del sistema (Dieguez et al. 2014). Esta variable se relaciona fuertemente con las variables manejo del rodeo y productividad del campo natural, y por lo tanto presenta un rol central en el componente 1. Incrementar esta capacidad es posible mediante la implementación de una serie de cambios tecnológicos de bajos costos relativos que podrían ser implementados por un importante número de los productores.

El segundo componente, que establece la capacidad socio-económica para afrontar la sequía, determina las estrategias identificadas por los productores y refiere a los actores y recursos económicos para recurrir en momentos críticos. Esta capacidad es fundamental en los sistemas ganaderos dado que integra la diversidad y posibilidad de alternativas para afrontar la amenaza. Este grupo de estrategias se ajustan al primer bloque de variables identificadas por Chapin et al. (2009) sobre capacidad de adaptación, dado que la diversidad económica y cultural proporciona la base para ajustarse al cambio. Las dos primeras variables destacan la importancia de los ingresos para generar ahorros que posteriormente puedan ser invertidos en el predio, y la importancia de las políticas públicas por su rol de contención en momentos de crisis (McKeon et al. 2009). Adicionalmente, y como plantean Chapin et al. (2010), debido a su importancia en la adaptación mediante incentivos en innovación que contribuyan a la diversificación económica y productiva y permitan incrementar la adaptación. Las otras dos variables refieren a la vinculación e integración que presentan los productores con organizaciones agropecuarias o entre ellos. Los productores con mayores niveles de integración formal y/o informal, generalmente presentan mayor acceso e intercambio de información, mayor acceso a políticas públicas, y potencialmente mayores vínculos comerciales y beneficios comerciales producto de cooperaciones entre ellos. En este sentido, los productores con mayor capacidad en este grupo de respuestas estarán mejor posicionados para afrontar los eventos de sequía.

El tercer componente destaca las alternativas de complementación de alimentos utilizadas en los sistemas ganaderos extensivos. Este componente es de suma importancia porque en períodos de sequía es frecuente que la demanda de alimentos supere a la oferta. Por tanto, incrementar la capacidad para acceder a fuentes de alimento para el ganado es importante para la mayoría de los establecimientos. En primera instancia se destacan las alternativas intraprediales asociadas a la producción y almacenamiento dentro del establecimiento. En este sentido, Mosnier et al. (2009) plantean que el almacenamiento de forraje es una decisión de mitigación de gran relevancia para los productores. Por otro lado, se presentan las alternativas que impliquen transacciones en el mercado principalmente asociadas a la compra de alimentos. Esta alternativa presenta el riesgo asociado a la duración e intensidad de la

sequía (Gillard y Monypenny, 1990), la cual podría determinar incrementos en los volúmenes a comprar.

El cuarto componente refiere a la flexibilidad financiera y comercial. Se destaca principalmente en este componente una estrategia frecuente vinculada a la venta de ganado en períodos de sequía para disminuir la presión sobre el campo. Gillard y Monypenny (1990) plantean que la venta de ganado es frecuentemente (cuando los precios son justos) la mejor opción comercial debido a que se desconoce la duración del evento de sequía.

Los componentes identificados no tienen un correlato directo con los componentes clásicos de sensibilidad y capacidad de adaptación como fueron definidos por Chapin et al. (2009) y McCarthy et al. (2001) y tampoco en las dimensiones de los esquemas clásicos que definen los sistemas socioecológicos. En este trabajo los componentes son interpretados como categorías más amplias que permiten entender y fortalecer la capacidad de respuesta frente a los eventos de sequía. En este sentido, la capacidad de respuesta fue entendida de forma más amplia que la propuesta por Chapin et al. (2009) y McCarthy et al. (2001) sobre la capacidad de adaptación, e integra a la totalidad de acciones a implementar (intensificar o mejorar) para reducir la exposición, la sensibilidad o incrementar la adaptación.

Los componentes identificados resultan sumamente coherentes con el contexto actual de la ganadería extensiva en las Sierras del Este y las capacidades de respuesta para afrontar la sequía por parte de los productores. En este sentido, los componentes identificados son interpretados como grandes grupos de respuesta a partir de los cuales definir las alternativas para responder a las situaciones de vulnerabilidad diferencial entre los productores a los eventos de sequía.

A partir de los grupos de respuesta identificados y las diferencias entre los productores de la zona de estudio, fue posible clasificar a la totalidad de los productores ganaderos en 6 grupos, de acuerdo a la situación y necesidad de cada grupo para disminuir la vulnerabilidad. El grupo de productores N°1, presentó valores muy bajos en todos los grupos de respuesta y por tanto fue el grupo con mayor necesidad de fortalecer sus capacidades para disminuir la vulnerabilidad, dado que requiere fortalecer la totalidad de los grupos. Los valores bajos han generado una situación de resiliencia (negativa) de alta estabilidad que no permite desplazarse

hacia otro escenario de menor vulnerabilidad. Las escasas posibilidades de generar capacidad de adaptación y respuesta, determinan que tampoco puedan generar alternativas para disminuir la sensibilidad.

El grupo de productores N°2 integró a productores que de acuerdo al esquema propuesto por Chapin et al. (2009) presentan algún nivel de desarrollo de capacidad de adaptación dado que acceden a políticas públicas y tienen vínculos con los vecinos. Sin embargo, son productores muy afectados por las sequías. Una de las razones se asoció a la estrategia de ahorro/capitalización, dado que luego de años productivos favorables (buenos ingresos), realizan compras significativas de ganado para incrementar el rodeo. Esta situación determina que en años de sequía la carga ganadera sea muy superior a la que el predio puede sostener y por tanto sea necesario recurrir a la incorporación de otra fuente de alimentos o la disminución del rodeo. Situación identificada de forma negativa debido a los impactos que suelo ocasionar (Bartaburu et al. 2009). Adicionalmente, este contexto genera un escenario de alta complejidad asociado al sobrepastoreo, situación que como fue destacado para otras regiones por Thomas (2008), compromete el sistema y además disminuye la productividad para períodos siguientes. La situación de estos productores sugiere que el desarrollo de estrategias de adaptación específicas aun no es suficiente para disminuir la sensibilidad del sistema. Esto responde a la importancia y estabilidad de la variable ajuste de carga ganadera, variable clave en la actividad.

Los grupos N°3 y N°6 integraron a los productores con menores niveles de vulnerabilidad a la sequía. La característica común entre ambos grupos es que manejan superficies medias a grandes, que presentan otros ingresos y que, seguramente apoyados en una economía de escala, presentan cargas ajustadas y realizan una mejor gestión del rodeo. Exceptuando los productores del grupo N°2, que presentan muy baja capacidad socio-económica para afrontar la sequía, el resto de los productores no integran la línea prioritaria de productores para la implementación de políticas públicas. Sería necesario intensificar el estudio de las prácticas realizadas por estos productores a los efectos de evaluar si es factible y rentable su implementación por parte de productores familiares y pequeños.

Los productores del grupo N°4 presentan valores medios en los primeros 3 grupos de capacidad de respuesta y bajos en el cuarto. Este caso resalta la dificultad

de algunos productores de vender ganado en momentos de crisis y también la baja capacidad de adaptación de algunos productores en primera instancia para anticipar la severidad de los eventos de sequía y posteriormente la dificultad (y la negación) de estos productores de desprenderse de parte de su capital. Esta situación determina que los productores que acceden a vender ganado lo realicen de forma tardía con las consecuencias que esta decisión representa en términos económicos. Se destaca como alternativa reforzar la capacidad de respuesta en este último componente, o bien mejorar la gestión de la actividad o la producción de forraje que permita minimizar el impacto de la estrategia comercial adoptada en eventos de sequía.

Los productores del grupo N°5, que no tienen a la ganadería como rubro principal, presentaron los valores más bajos en el grupo de respuesta 3. La estrategia comercial de estos productores determina que se focalicen en la gestión de la actividad ganadera de pequeña escala y con baja carga. Estos productores que presentan un nivel de vulnerabilidad media compensan esta situación con la flexibilidad brindada por los ingresos provenientes de otras actividades. Adicionalmente reducen su vulnerabilidad debido a su alta capacidad de adaptación asociada a una asistencia técnica constante y una carga ajustada, lo cual determina que la vulnerabilidad de este grupo sea menor.

Como fue desatacado por Campbell et al. (2006) y Marshall y Smajgl (2013), es muy poco probable que una sola estrategia brinde soluciones a todos los productores. En la misma línea Cros et al. (2004) proponen que es más probable el éxito si se consideran un conjunto de estrategias. El abordaje propuesto en este estudio y la definición de grupos de respuesta y no de variables claves apoyan lo anterior. En el mismo sentido, ya sea por necesidad y/o por capacidad, las respuestas a desarrollar necesariamente deberán ser diferentes debido a la heterogeneidad productiva, económica y cultural de los productores del área de estudio.

Las variables que determinan cada grupo de respuesta presentan interrelaciones diversas de asociación e intensidad. En ocasiones una variable puede sustituir total o parcialmente a otra dentro del mismo grupo (i.e. la producción de forraje permite prescindir de la compra de forraje) o incluso de otro grupo (i.e. disponer de alta productividad del pastizal permite disminuir o prescindir de la compra de forrajes).

Esta situación refuerza la necesidad de ampliar el conjunto de estrategias para disminuir la vulnerabilidad.

Las alternativas asociadas a la implementación de respuestas determinan diferentes niveles de dependencia en función del grupo de productores y de las variables específicas a manejar. Por ejemplo, el grupo de respuesta 1 muestra una clara vinculación entre la gestión predial y la superficie disponible. Los productores que gestionan mayores superficies presentan mayor acceso a asistencia técnica y realizan un mejor ajuste de la carga ganadera, posiblemente asociado a una estrategia de economía de escala. En un escenario de sequía los productores de menor superficie se encuentran en una situación de mayor vulnerabilidad por dos factores, una carga desajustada y menores ingresos. Por tanto, incrementar la capacidad de respuesta de productores pequeños debe estar asociada a fortalecer las restantes variables del grupo de respuesta. De esta manera, la búsqueda de alternativas deberá enfocarse en mejorar el manejo del rodeo y en el ajuste de la carga ganadera para maximizar la productividad y no comprometer el sistema natural. Esta situación posibilitaría, cómo fue destacado por Thomas (2008) para otra región, ser menos vulnerable en eventos de sequía y obtener mayores beneficios en períodos sin sequías.

Mantener la carga ajustada no solo contribuye a la conservación del pastizal natural y los recursos naturales, sino que además es beneficioso en términos económicos (McKeon et al. 2009). Además, como fue identificado por un importante número de productores, la sobrecarga en momentos de sequía se convierte en un problema de difícil solución, donde las alternativas alimenticias suelen ser económicamente inviables y técnicamente dificultosas. Esta situación determina que sea frecuente la venta de ganado a precios muy bajos, problemática identificada para diversos contextos (McKeon et al. 2009) y particularmente en la zona de estudio. En este sentido, los grupos de productores N°1 y N°2, presentan como principal desafío ajustar la carga ganadera y mejorar el manejo del rodeo. En el caso del grupo N°4, aunque claramente en una posición mucho más favorable, sus posibilidades de mejora se asocian a un mejor manejo del rodeo. En el caso del grupo N°5, productores pequeños con otros ingresos de importancia, no se detectan alternativas claras asociadas a este componente dado que la gestión generalmente es adecuada.

Los valores no tan altos en este componente se asocian a que la ganadería no es su ingreso principal y que la superficie gestionada es pequeña.

Incrementar la capacidad en el grupo de respuesta 1, necesariamente repercutirá en el resto de los grupos de respuesta. Mejorar la gestión predial determinará que en momentos de sequía el desajuste entre oferta y demanda de alimento sea menor, y por tanto menor la necesidad de alternativas para acceder a estos. Por tal motivo, incrementar las capacidades del grupo de respuesta 1 determinará menores esfuerzos para la generación de capacidades del grupo de respuesta 3.

En el caso del grupo de respuesta 3 se destacaron dos variables asociadas a las capacidades del predio y las dos restantes asociadas a la búsqueda de soluciones fuera del predio (acceso a complementos y raciones, y posibilidad de arrendar en momentos críticos). Estos dos sub-conjuntos de variables, que puede entenderse como complementarias y también como sustitutivas, presentan una clara diferencia en cuanto a su vinculación con el mercado y por tanto con la generación de dependencia externa. Incrementar la capacidad de respuesta implica avanzar hacia la búsqueda de alternativas que permitan disminuir la vulnerabilidad. Consolidar estrategias que dependan de la dinámica del mercado incrementa la exposición del sistema y por tanto lo posiciona en zona de vulnerabilidad. Por tanto, es fundamental conocer las posibles formas de vinculación entre variables y componentes, para que la generación de respuesta en un componente no incremente la exposición o sensibilidad de otro. Si bien en general está aceptado que la vulnerabilidad puede disminuir a través de la reducción de la exposición, sensibilidad o incrementando la capacidad adaptativa (Chapin et al. 2009, 2010; McCarthy et al. 2001), es posible que las estrategias identificadas para disminuir una variable repercutan negativamente en otra.

La implementación de cambios en la gestión ganadera, o en la gestión comercial y financiera del establecimiento, generan un gran desafío debido a las características culturales de los productores de la zona. De todas maneras, avanzar progresivamente en esta línea parece ser una de las pocas estrategias posibles para los pequeños productores ganaderos con altos niveles de vulnerabilidad a la sequía.

Acelerar e incrementar el aprendizaje colectivo se presenta como un gran desafío en los sistemas ganaderos (Dieguez et al. 2014).

Adicionalmente, incrementar el acceso a políticas públicas, desarrollar y fortalecer programas de extensión rural y promover la vinculación y agremiación de los productores, resulta imprescindible para la consolidación e implementación de respuestas.

3.7 CONCLUSIONES

Se presentó un abordaje alternativo para la identificación de la vulnerabilidad de los productores ganaderos a través de una metodología simple y operativa. Este abordaje propone que los valores diferenciales de sensibilidad y exposición determinan que las estrategias de respuesta deben ser diferentes, y que la identificación y el análisis de las capacidades de respuesta deben desarrollarse para hacer frente a la vulnerabilidad a la sequía.

Fueron detectadas 16 variables con una alta incidencia en la vulnerabilidad de los productores ganaderos a la sequía, que definieron 4 grupos de respuesta. Todos los productores se clasificaron posteriormente en 6 grupos de acuerdo con su situación en los 4 grupos de respuesta necesarios para hacer frente a la sequía.

La composición de los 6 grupos reveló la heterogeneidad en la situación de los productores y cuestionó la definición actual de vulnerabilidad y la delimitación de regiones homogéneas por la política pública en Uruguay.

Las evaluaciones de vulnerabilidad son la base para desarrollar estrategias para reducir la vulnerabilidad a la sequía, y la identificación de la heterogeneidad a través de grupos de productores representa el primer paso para ajustar las políticas públicas de acuerdo con las necesidades locales y específicas de los productores.

4 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE PRODUCTORES GANADEROS EN DIFERENTES ESCENARIOS

Este capítulo se basa en: *Díaz I, Achkar M, Dieguez F, Mazzeo N. 2018. Evaluación de la vulnerabilidad de productores ganaderos de las Sierras del Este en diferentes escenarios. Agrociencia. En prensa.*

4.1 RESUMEN

Los productores ganaderos de las Sierras del Este son altamente vulnerables a la incidencia de forzantes externas, principalmente a los cambios en las precipitaciones que afectan la productividad del campo natural y la intensificación agraria que afecta el acceso a la tierra y a los suplementos alimenticios. La combinación de estas forzantes permite identificar 6 escenarios con diferentes impactos sobre la actividad y los productores ganaderos. El objetivo de este trabajo fue analizar la incidencia de las principales forzantes sobre 35 productores ganaderos de las Sierras del Este, agrupados en 6 grupos a partir de la similitud en sus capacidades para manejar la actividad ganadera, la capacidad socio-económica, la capacidad de acceder a fuentes alternativas de alimentación para el ganado y de la flexibilidad comercial y financiera. Los principales resultados destacan que los productores más vulnerables en el escenario actual son en general los más vulnerables en todos los escenarios futuros considerados. Adicionalmente, se detectó un comportamiento no lineal entre los grupos de productores y sus valores de capacidad de respuesta, los que fueron dependientes de cada escenario y que pone en evidencia la necesidad de analizar la vulnerabilidad de los productores en función del escenario considerado. El abordaje propuesto, que puede ser implementado para diversos sistemas productivos y para diversas forzantes climáticas y económicas, resalta la importancia del trabajo con escenarios para el diseño y la implementación de políticas públicas.

Palabras clave: ganadería, escenarios, PPNA, intensificación agraria, vulnerabilidad

VULNERABILITY ASSESSMENT OF CATTLE PRODUCERS OF SIERRAS DEL ESTE IN DIFFERENT SCENARIOS

4.2 SUMMARY

Cattle producers in the Sierras del Este are highly vulnerable to the incidence of external drivers, mainly to the changes in precipitation that affect the productivity of the natural grasslands and the agrarian intensification that affects access to land and food supplements. The combination of these drivers allows to identified 6 scenarios with different impacts on the activity and cattle producers. The objective of this work was to analyse the incidence of the main drivers on 35 cattle producers of the Sierras del Este, grouped in 6 groups based on the similarity in their capacities for cattle management, the socio-economic capacity, the capacity to generate alternatives to cattle feeding, and the commercial and financial flexibility of the producers. The main results highlight that most vulnerable cattle producers in the current scenario are in general the most vulnerable in all futued scenarios considered. Additionally, a non-linear behaviour was detected among the groups of producers and their response capacity values according to each scenario, which highlights the need to analyse the vulnerability of producers according to the scenario considered. The proposed approach, which can be implemented for diverse production systems and for diverse climatic and economic drivers, highlights the importance of working with scenarios for the design and implementation of public policies.

Keywords: livestock, scenarios, ANPP, agrarian intensification, vulnerability

4.3 INTRODUCCIÓN

El análisis de la incidencia de las forzantes externas sobre los sistemas ambientales y productivos resulta clave para comprender su comportamiento, su trayectoria histórica y sus posibles trayectorias en el futuro. Las forzantes externas alteran en mayor o menor medida un sistema, de acuerdo a la exposición y sensibilidad de éste (Chapin et al. 2009). Los sistemas agrícolas son altamente vulnerables tanto a forzantes climáticas (IPCC 2007; Stokes y Howden 2010), como a forzantes socioeconómicas (Leichenko y O'Brien 2002).

La interrelación que se genera entre las forzantes tiene una incidencia directa en la vulnerabilidad y resiliencia de los sistemas. Reducir la vulnerabilidad requiere controlar la exposición y/o la sensibilidad, así como incrementar la capacidad de adaptación (Chapin et al. 2009; McCarthy et al. 2001; Marshall y Stokes 2014).

El cambio y la variabilidad climática han determinado un nuevo desafío en el conocimiento de las forzantes y en su incidencia en los sistemas productivos. Frente a esta incertidumbre, el desarrollo de escenarios se ha presentado como una herramienta del alto potencial. En las últimas décadas, la construcción de escenarios se ha convertido en una herramienta estándar para los científicos y los responsables de la formulación de políticas (O'Neill et al. 2008). Así, se ha consolidado como estrategia para comprender mejor las incertidumbres y para mejorar la toma de decisiones en un rango amplio de futuros posibles y no para predecir el futuro (Schwartz, 1996). Los escenarios no pretenden ser pronósticos probabilísticos de condiciones futuras, son principalmente imágenes de futuros posibles basados en suposiciones sobre relaciones claves y las forzantes (Peterson et al. 2003; Wesche y Armitage, 2014). Su mayor utilidad se presenta para trabajar con sistemas en situaciones de un alto nivel de incertidumbre, sobre los cuales hay un control limitado o nulo de sus forzantes externas y/o de su dinámica interna (Biggs et al. 2007), y en los casos donde es imposible o es muy difícil probar las respuestas del sistema mediante su manipulación (Peterson et al. 2003). De esta manera, son una herramienta muy útil para examinar ventajas y desventajas de escenarios futuros plausibles o deseados, y también para examinar potenciales acciones para responder a consecuencias no deseadas (Biggs et al. 2007; Tschakert y Dietrich, 2010; Walker et al. 2013)

En este trabajo se propone que es posible identificar escenarios a través de las combinaciones de las forzantes externas de mayor importancia para el sistema considerado. Estas posibles combinaciones generarán impactos disímiles en el sistema analizado, siendo necesario implementar diferentes capacidades de respuesta para afrontarlos. Avanzar en el conocimiento de la incidencia de las forzantes en los sistemas productivos es un elemento central para su gestión, principalmente en los sistemas altamente vulnerables al cambio y variabilidad climática, y altamente afectados por procesos económicos sobre los cuales la capacidad de control es muy limitada y la incertidumbre es muy alta.

4.3.1 Vulnerabilidad a la sequía de los productores ganaderos de las cuencas de los arroyos Barriga Negra y Polanco

La ganadería extensiva sobre pastizales naturales es una actividad altamente vulnerable al cambio y la variabilidad climática en Uruguay. La principal amenaza meteorológica de la actividad es la sequía (Cruz et al. 2014), mientras que el proceso actual de intensificación agraria (Bartaburu et al. 2013) y las fluctuaciones del mercado son otras dos forzantes claves de la actividad. Estudios recientes han demostrado que los productores ganaderos presentan alta vulnerabilidad a las forzantes climáticas, asociada a los factores estructurales de sus establecimientos y a las estrategias productivas adoptadas (Bartaburu et al. 2013; Lindemann et al. 2013). En las cuencas de los arroyos Barriga Negra y Polanco (Lavalleja) (Figura 1.1), se localizan aproximadamente 100 productores, principalmente dedicados a la ganadería vacuna sobre campo natural. Predominan los productores medios a chicos, que gestionan una superficie CONEAT100 aproximada de 150ha, encontrándose productores que gestionan menos de 20ha y productores que gestionan 1300ha.

Los factores que determinan la vulnerabilidad a la sequía de los productores es posible evaluarla a través de las capacidades de respuesta a desarrollar para poder afrontarla. Por tanto, la metodología se basó inicialmente en la identificación, ponderación y agrupamiento de variables como se destacó en el capítulo anterior, y finalmente, y partir de la situación de cada productor con respecto a las variables identificadas previamente, se agruparon los productores en grupos según de similitud en su capacidad de respuesta. De esta manera la vulnerabilidad de los productores a la sequía es diferencial de acuerdo a la capacidad de manejar la actividad (CMA), a

la capacidad socio-económica (CSE), a la capacidad de acceder a fuentes alternativas de alimentación para el ganado (CAFAA), y a la flexibilidad comercial y financiera (FCF) de cada unidad productiva (Cuadro 4.1). Estas diferencias permiten agrupar a los productores en 6 grupos (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.1. Composición de cada grupo de capacidad respuesta para reducir la vulnerabilidad a la sequía de productores.

Grupo de respuesta	VARIABLES QUE INTEGRAN EL GRUPO DE RESPUESTA
Capacidad para manejar la actividad (CMA)	Ajuste de carga, superficie para la actividad, acceso a asistencia técnica, manejo del rodeo, producción de pasto (campo natural).
Capacidad socio-económica (CSE)	Disponer de otros ingresos, disponer o generar ahorros, acceso a políticas públicas, vínculos con productores de la zona.
Capacidad de acceder a fuentes alternativas de alimentación (CAFAA)	Producción de forraje, disponibilidad de tierra para producir forrajes, acceso a suplementos, posibilidad de arrendar en momentos críticos.
Flexibilidad comercial y financiera (FCF)	Acceso a créditos, flexibilidad comercial, capacidad de inversión.

Cuadro 4.2. Agrupación de productores ganaderos según su capacidad de respuesta en los 4 grupos de respuesta.

Grupo	Características principales
1	Productores pequeños con un manejo casi exclusivo del campo natural, con pocas posibilidades de acceder a créditos y ayudas, y con poco margen financiero para la implementación de alternativas.
2	Productores familiares que gestionan pequeñas dimensiones, que acceden a políticas públicas y tienen buenos vínculos comerciales con sus vecinos. Además, presentan poca capacidad de ahorro y no disponen de otros ingresos. No disponen de superficies significativas para la producción de forrajes, y en momentos críticos realizan compra de raciones. Presentan una capacidad financiera limitada y muy poca flexibilidad para realizar transacciones comerciales en situaciones críticas.
3	Productores que gestionan dimensiones medias y grandes, con buen manejo del rodeo, una carga ganadera ajustada a las condiciones prediales, y presentan otros ingresos o tienen fuertes vínculos con vecinos. Los productores que presentan otros ingresos en general gestionan mayores superficies y no se vinculan con los productores vecinos, y viceversa. Además, presentan buenas posibilidades de producción y/o compra de forrajes, y tienen buena capacidad financiera
4	Productores medios y grandes con un buen manejo del rodeo, con alta producción de forraje y que disponen de otros ingresos o acceden a políticas públicas. Además, tienen buen vínculo con los productores cercanos y una capacidad financiera media. En general presentan una capacidad comercial muy baja, debido a dificultades para desprenderse de ganado en momentos críticos.
5	Productores que manejan una superficie pequeña, con una carga ajustada y con acceso a asistencia técnica. La ganadería no es la actividad principal lo cual implica una menor dependencia. Además, presentan la posibilidad de acceder a otros ingresos, una mayor capacidad de inversión y una mayor flexibilidad comercial. En general son productores con formación agraria terciaria y que no residen en el predio de forma constante.
6	Productores que manejan una gran superficie (propietarios y arrendatarios), con una carga ganadera ajustada, con altos ingresos prediales y extraprediales, y que disponen de ahorros para la búsqueda de alternativas. Además, en momentos críticos no suelen tener problemas de acceso a suplementos. Adicionalmente y producto de la superficie manejada, presentan grandes superficies para la producción de forraje.

Este tipo de abordaje permitió avanzar en la comprensión de algunos factores claves que condicionan la vulnerabilidad de los productores a la sequía. Sin embargo, aún existen preguntas fundamentales a contestar: ¿cómo varía la vulnerabilidad de los productores de acuerdo a los escenarios climáticos y económicos posibles?, ¿esta respuesta es dependiente según el tipo de productor?, ¿qué capacidades de respuesta debe priorizar cada productor de acuerdo a cada escenario posible?

De esta manera, el objetivo de este capítulo fue identificar la incidencia de las trayectorias posibles de las principales forzantes climáticas y económicas sobre la vulnerabilidad de los productores y las capacidades de respuesta necesarias a desarrollar para no comprometer la sustentabilidad de sus unidades productivas. La propuesta consistió en definir los principales cambios en las forzantes y su incidencia en las variables que condicionan la vulnerabilidad, lo cual permitirá posteriormente evaluar la incidencia en cada grupo de productores y las capacidades de respuesta necesarias a desarrollar para cada caso.

4.4 METODOLOGÍA

En el modelo propuesto, las forzantes inciden en uno o más de los componentes clásicos de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación). De esta manera, se entiende que las forzantes climáticas tienen gran incidencia en la productividad primaria neta aérea (PPNA), principal determinante de la producción de forrajes y de alimento para el ganado (Golluscio et al. 1998). Las forzantes socio-económicas, que en la zona de estudio se encuentran principalmente asociadas al proceso de intensificación agraria (Díaz et al. 2017; Tommasino, 2010), se manifiestan en los precios de la tierra y de los insumos para la producción ganadera, afectando el acceso a suplementos alimenticios para el ganado y a las tierras para el desarrollo de la actividad.

En este contexto, la estrategia de investigación integró la definición de escenarios a partir de las combinaciones posibles de las trayectorias de las forzantes principales del sistema, las trayectorias posibles de cada grupo de productores de acuerdo a cada escenario planteado, y el análisis de las capacidades de respuesta a desarrollar para ajustarse a la trayectoria deseada (Figura 4.1).

4.4.1 Escenarios posibles de la ganadería extensiva en las Sierras del Este

La actividad ganadera del área de estudio es altamente dependiente de la dinámica de los recursos naturales y por tanto sumamente vulnerable al cambio y la variabilidad climática. Por tanto, la PPNA de los pastizales naturales es una forzante clave en estos sistemas. Dependiendo de la distribución e intensidad de las precipitaciones, la tendencia a corto plazo de la productividad puede ser descendente, que se mantenga o ascendente (Figura 4.1a).

La carga ganadera es un elemento clave en la gestión de cualquier sistema ganadero (Jones y Sandland, 1974; Mott, 1960) y se vincula directamente con la rentabilidad económica y sustentabilidad de la actividad (Johnston et al. 2000; McKeon et al. 2009). El incremento de la carga es la estrategia más frecuente de los productores para la capitalización de sus unidades productivas. Dentro de las estrategias más comunes de los productores para mantener la carga en períodos de sequías se destacan principalmente la suplementación, el arrendamiento de campos para pastoreos y el pastoreo en caminos, estrategias también identificadas por Bartaburu et al. (2009) para la región del Basalto.

De acuerdo a lo manifestado por los productores del área de estudio el pastoreo en caminos es generalmente una alternativa viable para productores que manejan un rodeo pequeño. El arrendamiento de los campos depende de la posibilidad económica de los productores, de la disponibilidad de tierra y del costo de la misma. En el mismo sentido, el acceso a suplementos alimenticios depende principalmente de su costo.

En un escenario de intensificación agraria, como el acaecido en Uruguay desde comienzos del siglo XXI, parte de la superficie ocupada por la actividad ganadera ha sido desplazada por el avance de actividades agrícolas de secano y forestación exótica (Tommasino 2010), siendo esta última más importante para la zona. La reducción de la superficie disponible para la actividad ha estado acompañada de un incremento del precio de la tierra y además de la necesidad de acceder a suplementos para mantener la misma carga ganadera en una superficie menor, procesos que también han sido identificados a escala país por Carriquiry (2012). Estas dos características han determinado que los costos de la tierra y de los suplementos se

haya incrementado, y que la tendencia sea a mantenerse o incrementarse (Figura 4.1b). Considerando las principales forzantes y su repercusión en la actividad ganadera las combinaciones posibles pueden ser 6, lo cual da lugar a 6 escenarios (Figura 4.1c).

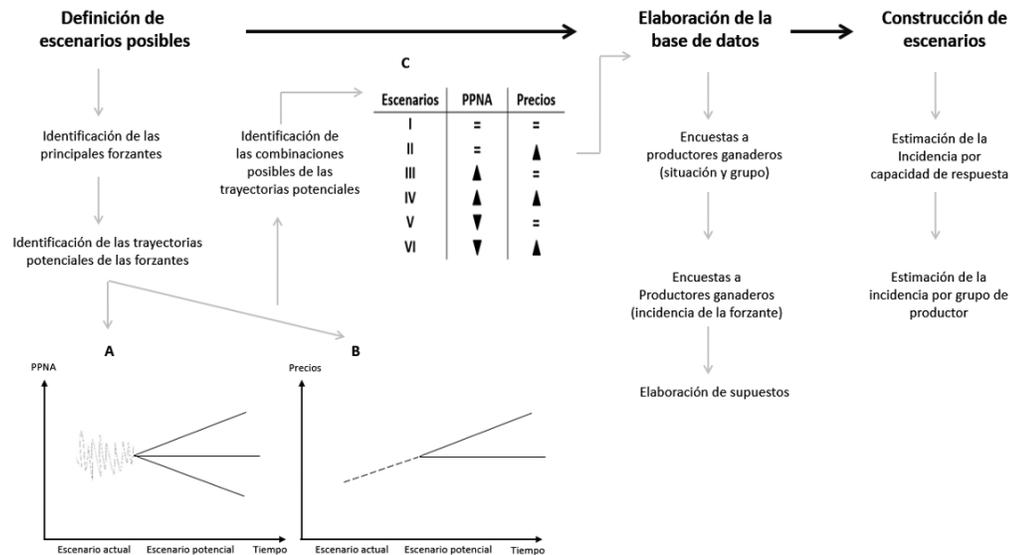


Figura 4.1. Esquema de la estrategia de investigación. Se destaca A) Escenarios posibles de PPNA de pastizales, B) Escenarios posibles de precio de la tierra y de los suplementos alimenticios para el ganado, y C) Escenarios posibles de la combinación A y B. La línea punteada indica la tendencia reciente y la línea continua las trayectorias probables.

4.4.2 Base y análisis de datos

Se trabajó con una matriz que incluyó información de las 16 variables que inciden en la capacidad de respuesta a la sequía de 35 productores ganaderos (aproximadamente el 35% de los productores de la zona). Cada caso presentó una valoración entre 1 y 5, realizada por los productores, donde 1 significó poco importante y 5 muy importante. Esta matriz fue definida como la matriz del Escenario I. A partir de ésta, y en base a los escenarios posibles y a la trayectoria posible de cada variable y para cada productor, se generaron 5 nuevas matrices que correspondieron cada una a un escenario posible.

La trayectoria posible de cada variable se identificó a partir de entrevistas a los productores de la zona. Estas trayectorias fueron diferentes de acuerdo a cada

escenario y a cada grupo de productor considerado, destacándose los siguientes criterios generales:

- La PPNA, en escenarios climáticos favorables, se incrementa a mayor tasa en suelos profundos y arcillosos. En escenarios desfavorables, disminuye a mayor tasa en suelos profundos y arcillosos, como fue demostrado en el Capítulo I.
- Los productores que se encontraban en una situación cercana al ajuste de la carga de acuerdo a la productividad de sus pastizales y las recomendaciones técnicas, logran ajustarla si la PPNA aumenta, mientras que los productores que presentaban sobrecarga logran acercarse. En los escenarios donde la PPNA decrece, los productores que más se alejan de una carga ajustada a la productividad de los pastizales son los que más alejados estaban en el período previo
- El aumento de la PPNA genera un incremento en la capacidad de ahorro de la unidad productiva. Esta capacidad es mayor en las unidades productivas de mayor dimensión y en los que presentaban una carga ganadera ajustada.
- El incremento de los precios de la tierra determina una disminución en la posibilidad de arrendamiento de los productores. Esta disminución es menor cuanto menor sea la proporción tierra arrendada/superficie total.
- La posibilidad de pastoreo en los caminos es inversa al tamaño del rodeo.
- El incremento del precio de los suplementos determina una disminución en la posibilidad de acceder a ellos. El acceso disminuye menos en los productores que actualmente acceden a suplementos y en los que tienen la carga ganadera menos ajustada.

La significancia estadística de las diferencias entre los escenarios se analizó utilizando la prueba ANOSIM (rA) (Clarke, 1993). Se utilizó como método la distancia euclidiana con la corrección de Bonferroni, con 9999 iteraciones.

Para el análisis de los cambios en los valores de la capacidad de respuesta en función de cada escenario considerado se utilizaron coeficientes de variación (CV). El CV muestra la dispersión de un conjunto de datos y se calcula como el cociente entre la desviación estándar y la media aritmética del conjunto de los datos. Los CV, expresados en porcentaje se utilizaron para analizar la variación de los valores de la

capacidad de respuesta para todo el conjunto de productores y para cada grupo de productor.

4.5 RESULTADOS

4.5.1 Escenarios y capacidad de respuesta

Los valores medios para la totalidad de los productores mostraron que cada capacidad de respuesta (líneas interiores del gráfico), en general, distan de valores altos en cada escenario analizado (vértice exterior) (Figura 4.2). Esta situación determina una capacidad baja en ese conjunto de variables para afrontar los impactos de las forzantes externas.

En escenarios donde se mantiene la PPNA (E-I y E-II), en general se mantienen los valores de las capacidades de respuesta, a excepción de la capacidad socio-económica que disminuye conforme aumentan los precios de la tierra y los insumos. Cuando aumenta la PPNA (E-III y E-IV), se registra un incremento muy claro en la eficiencia de la gestión de la actividad ganadera. Estos incrementos son registrados también por las otras capacidades de respuesta, a excepción de la capacidad de acceder a fuentes alternativas de alimentación que se mantiene en los casos donde los precios se incrementen. En los escenarios donde disminuye la PPNA (E-V y E-VI), la eficiencia en el manejo de la actividad y la capacidad socio-económica registran claras disminuciones. La capacidad de respuesta con mayor variabilidad entre todos los escenarios considerados fueron el CMA (CV=28%), CSE (26%) y CAFAA (13%). La capacidad de respuesta FCF permaneció constante de acuerdo a los supuestos preestablecidos.

Las diferencias entre los valores de capacidad de respuesta entre los 6 escenarios fueron estadísticamente significativas ($r_A=0,44$; $p<0,0001$). Solamente fueron no significativas la diferencias entre E-I, E-V y E-VI.

Los productores que gestionan mayores superficies (grupos 6, 4 y 3 ordenados de mayor a menor superficie), en general presentaron menores coeficientes de variación en sus valores de capacidad de respuesta entre los escenarios definidos (Cuadro 4.3). Este patrón fue particularmente importante para la capacidad de gestionar la actividad. De forma inversa, los productores más pequeños (1, y 2), fueron los que presentaron mayores coeficientes de variación de sus capacidades de respuesta en los escenarios definidos.

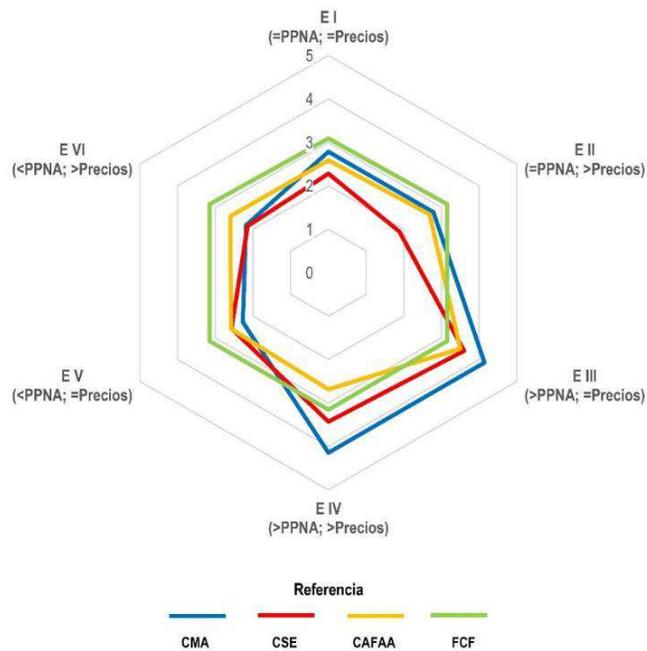


Figura 4.2. Comportamiento medio de los productores en los 4 grupos de respuesta para cada escenario posible de cambios en la PPNA y los precios. CMA: capacidades para manejar la actividad ganadera; CSE: capacidad socio-económica, CAFAA: capacidad de acceder a fuentes alternativas de alimentación para el ganado; FCF: flexibilidad comercial y financiera. Se visualiza en las líneas interiores el comportamiento de cada capacidad de respuesta con respecto a cada escenario definido (vértices). Las líneas más cercanas al vértice (valor 5) indican una mayor capacidad de respuesta en ese conjunto de variables y de forma contraria, líneas cercanas al centro (valor 0) indican menor capacidad de respuesta.

Cuadro 4.3. Coeficientes de variación de las capacidades de respuesta entre los seis escenarios considerados, según grupo de productor. CMA: capacidades para manejar la actividad ganadera; CSE: capacidad socio-económica, CAFAA: capacidad de acceder a fuentes alternativas de alimentación para el ganado; FCF: flexibilidad comercial y financiera.

Grupo	CMA	CSE	CAFAA	FCF
1	48	44	18	NC
2	43	46	18	NC
3	30	29	11	NC
4	26	31	13	NC
5	33	30	10	NC
6	12	20	12	NC

4.5.2 Escenarios y grupos de productores

Los productores del grupo N°1 presentaron los menores valores en todas las capacidades de respuesta en el escenario actual (E I), y en general los menores valores de respuesta en todos los escenarios posibles. Salvo en los escenarios de incremento de la PPNA, la capacidad de gestionar la actividad siempre presentó los valores más bajos (Figura 4.2).

Los productores del grupo N°2 presentaron un comportamiento muy similar a los del grupo N°1. Sin embargo, en general los valores de este grupo fueron superiores, principalmente en la capacidad de gestionar la actividad.

Los productores del grupo N°3 respondieron muy favorablemente a los escenarios de incremento de la PPNA, alcanzando valores muy altos en todas las capacidades de respuesta. En general su capacidad socio-económica no es alta, pero en escenarios de incremento de la PPNA el incremento en las otras capacidades permite contrarrestar esta situación. En escenarios de baja PPNA, el acceso a suplementos y la flexibilidad comercial adquieren gran relevancia. Los productores del grupo N°4, al igual que el resto, respondieron muy favorablemente a los escenarios de incremento de la PPNA y principalmente en cuanto a la eficiencia en la gestión de la actividad. En los escenarios de disminución de la PPNA logran mantener su capacidad de acceder a fuentes alternativas de alimentos lo cual les permite afrontar la disminución en los otros grupos de respuesta.

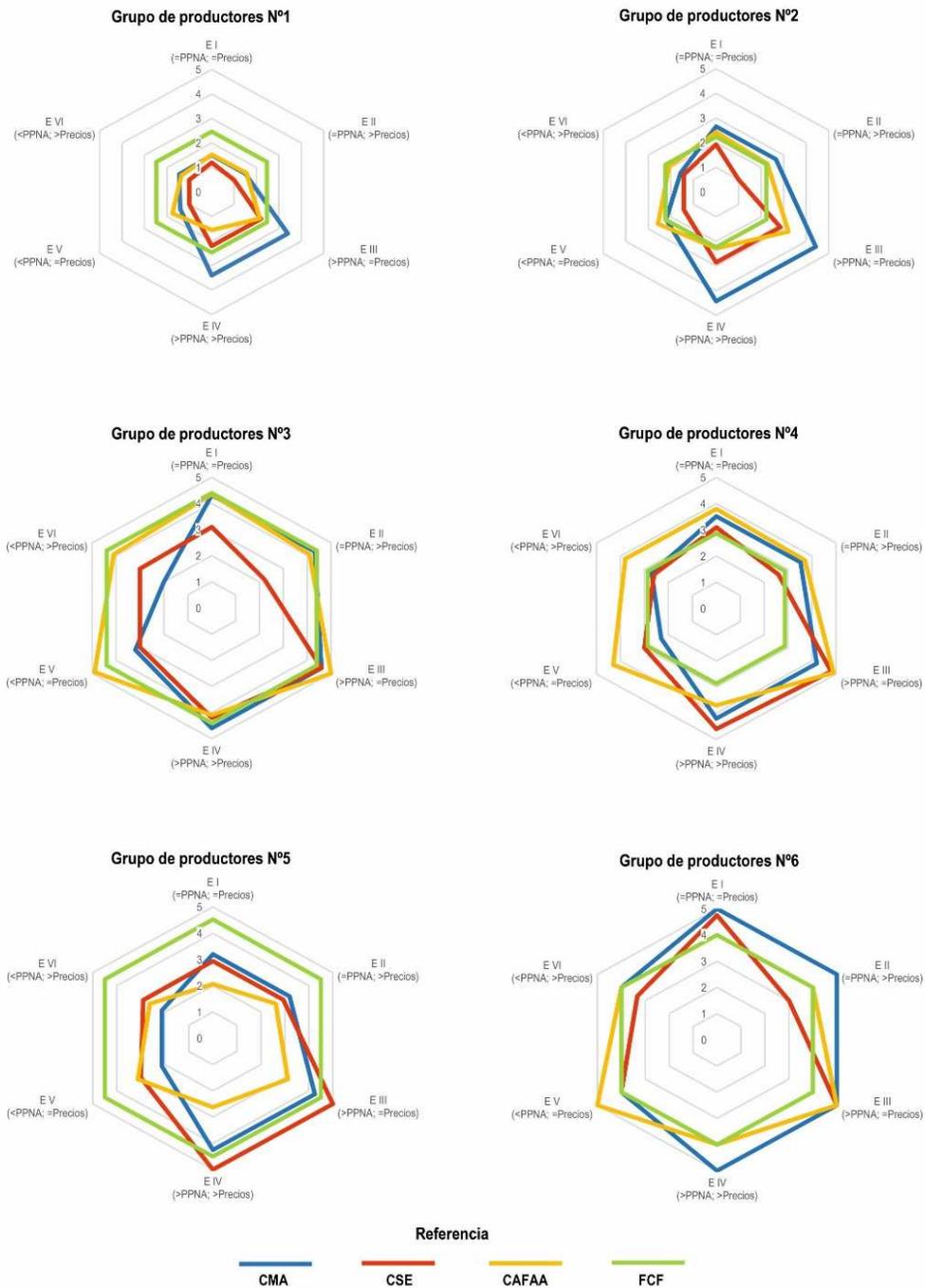


Figura 4.2. Comportamiento de los grupos de respuesta en cada escenario posible, para cada grupo de productores ganaderos. E I (=PPNA; =Precios); E II (=PPNA; >Precios); E III (>PPNA; =Precios); E IV (>PPNA; >Precios); E V (<PPNA; =Precios); E VI (<PPNA; >Precios). CMA: capacidades para manejar la actividad ganadera; CSE: capacidad socio-económica, CAFAA: capacidad de acceder a fuentes alternativas de alimentación para el ganado; FCF: flexibilidad comercial y financiera.

Los productores del grupo N°5 en general mantienen o incrementan los valores de todas las capacidades de respuesta en todos los escenarios. La excepción se genera en los escenarios de disminución de la PPNA y en la capacidad de gestionar la actividad.

Los productores del grupo N°6, que presentaron valores muy altos en todas las capacidades de respuesta, respondieron muy bien en escenarios favorables de aumento de la PPNA y resultan poco afectados en escenarios desfavorables. Además, en los escenarios de disminución de la PPNA, lograron mantener (o reducir levemente) el acceso a otras fuentes alimenticias.

En los escenarios más desfavorables (de reducción de la PPNA e incremento de los precios), la reducción de la capacidad de gestionar la actividad es, en términos relativos, mayor cuanto menor es la superficie gestionada por los productores. En este sentido, los que presentan las mayores reducciones son los productores de los grupos N°2 y N°5. Se destaca como excepción el caso de los productores pequeños del grupo N°1 que utilizan como estrategia frecuente el pastoreo en los caminos en momentos de sequía y que reducen su capacidad muy levemente. Situación muy similar se registró en la capacidad de acceder a fuentes alternativas de alimentación. Finalmente, las reducciones en la capacidad socio-económica fueron menores en los grupos de productores que manejan superficies bajas a medias y con una carga ajustada.

Cada grupo de productores, de acuerdo a los valores de sus grupos de capacidad de respuesta, se posicionó de forma diferencial en cada escenario (Cuadro 4). La capacidad de gestionar la actividad y la capacidad socio-económica resultaron particularmente relevantes en los escenarios de disminución de la PPNA. Por otro lado, la flexibilidad comercial y financiera presentó gran importancia en los escenarios de incremento de la PPNA.

Cuadro 4.4. Capacidad de respuesta de mayor importancia relativa, en función del grupo de productor y el escenario considerado (E). La lista incluye hasta 2 grupos de respuesta. E I (=PPNA; =Precios); E II (=PPNA; >Precios); E III (>PPNA; =Precios); E IV (>PPNA; >Precios); E V (<PPNA; =Precios); E VI (<PPNA; =Precios). CMA: capacidades para manejar la actividad ganadera; CSE: capacidad socio-económica, CAFAA: capacidad de acceder a fuentes alternativas de alimentación; FCF: flexibilidad comercial y financiera.

Grupo	E I	E II	E III	E IV	E V	E VI
1	CSE-CMA	CSE - CMA	CSE	CSE	CMA-CSE	CMA-CSE
2	CSE-CMA	CSE - CMA	CSE-FCF	FCF	CSE - CMA	CMA-CSE
3	CSE	CSE	-	-	CMA-CSE	CMA- CSE
4	CSE- FCF	CSE-FCF	FCF	FCF	CMA-FCF	CMA-CSE
5	CAFAA-CSE	CAFAA-CSE	CAFAA	CAFAA	CMA-CAFAA	CMA-CAFAA
6	-	-	-	-	-	-

4.6 DISCUSIÓN

En este trabajo se analizó la vulnerabilidad de seis grupos de productores ganaderos en seis escenarios posibles, definidos a partir de las trayectorias posibles de las principales forzantes de la actividad ganadera. El análisis se realizó a escala de unidad productiva ganadera, y posteriormente agrupando los datos por grupos de productores, para cada capacidad de respuesta y para cada escenario. Por tanto, sus resultados pueden ser analizados, a escala de grupo de productor, de capacidad de respuesta y de escenario posible.

De acuerdo a los supuestos considerados todos los productores responden con un incremento de la vulnerabilidad en escenarios de disminución de la PPNA e incremento de los precios de la tierra y los suplementos alimenticios, y una reducción de la vulnerabilidad en escenarios de incremento de la PPNA.

Los productores con mayor vulnerabilidad en las condiciones actuales (E I), son los productores más vulnerables en todos los escenarios analizados. Sobre esta situación surgen posibles interpretaciones que pueden asociarse en primer lugar a la situación estructural de los establecimientos (dimensión, gestión, tenencia, etc.) destacadas en Bartaburu et al. (2013) y en Cruz et al. (2018), y en segundo lugar a la configuración y rigidez del sistema en la actualidad, que imposibilita la adopción de estrategias alternativas existentes y/o la implementación de forma exitosa. Se

destacan, entre las razones que determinan esta situación, la edad avanzada de los productores, la larga tradición en sus prácticas y la falta de mano de obra. Además, la limitada capacidad de inversión, lo cual concuerda con lo identificado por Lindemann et al. (2013) y por Saravia y Gómez (2013). Los resultados obtenidos en el conjunto de escenarios considerados dejan de manifiesto un patrón claro de la vulnerabilidad de los productores dependiente de aspectos estructurales de sus unidades productivas. Superar esta situación de alta vulnerabilidad implica cambios estructurales en la unidad productiva y por tanto una actuación activa de los productores y de la política pública. En este sentido, se resalta la necesidad de avanzar en la construcción de alternativas y en mecanismos para su consolidación.

Si bien la situación de vulnerabilidad, al ser en gran parte una característica estructural es independiente del escenario considerado, en cada escenario surge un determinado margen de posibilidades para disminuir la vulnerabilidad. Este margen es dependiente de cada escenario y también del tipo de productor.

En escenarios favorables, generalmente son los productores más vulnerables los que incrementan en mayor medida sus capacidades de respuesta y por tanto los que disminuyen más, en términos relativos, su vulnerabilidad. Esta situación podría estar explicada porque estos productores que en general manejan pequeñas superficies, con sobrecarga y además tienen poca capacidad financiera, son altamente dependientes y afectados (positiva y negativamente) por la productividad del campo natural y de los precios de la tierra dado que arriendan una parte importante de la superficie que gestionan.

Por otro lado, la variabilidad de los valores de capacidad de respuesta fue diferencial entre los grupos de productores. Como patrón general se destacó que los productores más grandes son los que presentan menor variabilidad entre los escenarios considerados. Este comportamiento enfatiza la situación de alta vulnerabilidad de los productores más pequeños y la vinculación entre la vulnerabilidad y algunas variables estructurales de la unidad productiva.

En los diferentes escenarios, las capacidades de respuesta que explican los altos valores de vulnerabilidad (y también de las variables que las componen), difieren. Esta situación compleja, pone en evidencia que las estrategias de reducción de vulnerabilidad variarán en función del escenario considerado. La ordenación de los

grupos de respuesta de acuerdo a la importancia para reducir la vulnerabilidad en los diferentes escenarios es concordante con la ordenación realizada en el capítulo III de acuerdo al porcentaje de variabilidad acumulada explicada por cada capacidad de respuesta. Esto sugiere que, de forma estructural, el grupo de variables que integran la capacidad de manejar la actividad ganadera es el prioritario. Sin embargo, esta situación varía en función del escenario considerado y destaca la importancia del análisis por escenario para ajustar las capacidades a desarrollar.

La capacidad de manejar la actividad resultó el atributo de mayor importancia en todos los escenarios. Además, esta capacidad adquiere mayor importancia en los escenarios más desfavorables, como pueden ser los de una reducción de la PPNA y los de incrementos de los precios. Dentro de las variables que integran esta capacidad de respuesta, mantener una carga ajustada y un adecuado manejo del rodeo adquieren gran importancia en los escenarios desfavorables. Las ventajas de mejorar esta capacidad han sido identificadas a escala local para diversas zonas y sistemas ganaderos (Soca et al. 2007b) y también a nivel internacional (Foran y Stafford Smith 1991; McKeon et al. 2009). Si bien estas opciones son identificadas por los productores como una opción de alto potencial, su implementación es en general dificultosa producto de la combinación de factores como, edad avanzada, necesidad de más horas de trabajo, poca disponibilidad de mano de obra e imposibilidad de contratar mano de obra, entre otras. Estas razones y las decisiones tomadas por los productores para la gestión de su predio varían de acuerdo a los objetivos y la situación de cada productor, lo cual se encuentra en concordancia con lo planteado por Osty (1978), y que pone en evidencia la complejidad de los factores que son considerados para su toma de decisiones. Además, estos factores pueden ser entendidos como un conjunto importante de barreras y/o de límites para la adaptación de acuerdo a las definiciones realizadas por Moser y Ekstrom (2010). Esta situación general, indica que las estrategias para reducir la vulnerabilidad, ya sea en términos estructurales o escenario dependiente, y para la gran mayoría de los productores, deben focalizar en la capacidad de respuesta, e intentar derribar las barreras que se han consolidado.

Adicionalmente, para algunos productores la capacidad socio-económica y la de acceso a fuentes alternativas de alimentación, también son de gran importancia e

incluso, en determinados contextos, las de mayor relevancia. En escenarios desfavorables, principalmente, incrementar la capacidad socio-económica también resulta clave. La estrategia para incrementarla en general se vincula a la posibilidad de generar y disponer de otros ingresos, a acceder a políticas públicas y a fortalecer los vínculos comerciales y productivos con los productores vecinos (ver Capítulo III). Estas estrategias fueron dependientes del tipo de productor, siendo en general el acceso a ingresos extra prediales la más importante para todos los productores, y las restantes únicamente relevantes para los productores medios y pequeños.

La capacidad de acceder a fuentes alternativas de alimentación, a excepción del grupo de productores N°6, no se presentó como una capacidad de respuesta prioritaria debido a la imposibilidad de muchos productores de producir sus propios suplementos y a los altos precios en momentos críticos. Pese a las ventajas identificadas a escala nacional sobre la suplementación como estrategias para disminuir riesgos en eventos de sequía (Soca et al. 2007a, Soca et al. 2013a), y a que la suplementación es una actividad frecuente para algunos productores de la zona, el incremento de los precios ha limitado esta estrategia y ha determinado que en general los productores de la zona se muestren reacios a la compra de suplementos. Esta situación puede ser un factor favorable en el contexto de las Sierras del Este, debido a que su acceso se vincula frecuentemente con relaciones comerciales desfavorables y un incremento de las relaciones de dependencia con grandes productores de suplementos. Si los precios son altos y la tendencia es al incremento, los productores más vulnerables seguramente incrementen aún más sus niveles de vulnerabilidad. Esta situación pone en evidencia la necesidad de una fuerte participación de las políticas públicas para evitar los impactos de esta tendencia del mercado, continuando y mejorando las medidas realizadas en eventos de sequías anteriores.

Se destacan en la zona algunos productores medios que producen suplementos y que eventualmente lo comercializan con vecinos. Esta alternativa, aunque marginal en la actualidad, presenta alto potencial siendo necesario intensificar los esfuerzos para promover estos intercambios en la zona. Dentro de estos esfuerzos sobresale la necesidad de, en forma conjunta y simultánea, generar y mejorar las condiciones de la oferta y de la demanda.

La flexibilidad comercial y financiera, que no fue alterada en los escenarios propuestos, presenta gran importancia en varios grupos de productores y en varios escenarios. Principalmente en productores pequeños y medios, y en escenarios donde la PPNA disminuye o se mantiene. En general, el acceso a crédito y la poca capacidad de inversión en el establecimiento determina incrementos en el nivel de vulnerabilidad, y deja como principal alternativa la venta de ganado. El desajuste temporal en esta decisión determina la venta del ganado a precios muy bajos, lo cual además se asocia a la descapitalización y a la dificultad para recuperar el capital en períodos posteriores. Estos problemas, que forman parte del proceso identificado por Bartaburu et al. (2009) como el círculo perverso del productor que “mira ganado” (a diferencia del productor que “mira pasto”), se potencian si el desfase en la decisión es mayor, ya sea por mucha anticipación o mucho retraso. Además, este desajuste generalmente es afectado e incluso determinado por los precios del ganado en el mercado, favoreciendo los precios altos la venta y los precios bajos la retención del ganado (Bartaburu et al. 2013). En concordancia con lo planteado por Bartaburu (2013) la influencia de las políticas públicas es clave en estos momentos, dado que dan mensajes de estímulo o desestímulo a la toma de decisión, por ejemplo, con la entrega de ración en eventos de sequía promoviendo que el productor retenga ganado.

Dada la diversidad de situaciones, las probabilidades de éxito son mayores si se consideran un conjunto de estrategias (Campbell et al. 2006; Cros et al. 2004; Marshall y Smajgl, 2013). Adicionalmente, Dieguez et al. (2014) plantea que las estrategias ganaderas rígidas son incompatibles con el escenario actual de variabilidad climática, dado que es muy difícil identificar estrategias robustas en cualquier circunstancia. Todo lo anterior destaca, de forma adicional y complementaria, la importancia de analizar/diseñar las estrategias por grupo de productor y por escenario posible.

4.7 CONCLUSIONES

Los resultados sustentan como patrón principal que los productores más vulnerables en el escenario actual son los más vulnerables en todos los escenarios futuros considerados. Sin embargo, se encontraron diferencias entre los grupos de productores y entre las capacidades a desarrollar según el escenario analizado. Esto

pone en evidencia un comportamiento no lineal y sugiere la necesidad de analizar la vulnerabilidad de los productores en función del escenario considerado.

Esta situación debería ser contemplada en la elaboración e implementación de políticas públicas. En general el diseño de políticas públicas se realiza en base al escenario más probable sin considerar la incertidumbre que se pueda generar en ese proceso. La identificación de las políticas públicas para cada escenario, orientadas a los productores prioritarios y/o a las capacidades de respuesta prioritarias, genera un incremento del trabajo en la etapa de planificación. Pero, como contrapartida, este procedimiento permite ajustarse rápidamente a cada escenario, enfocando eficientemente las acciones a los grupos de productores y a las capacidades de respuesta de mayor relevancia para reducir la vulnerabilidad.

De esta manera, se destaca la necesidad de trabajar simultáneamente con estrategias a corto plazo para las variables que determinan la capacidad de respuesta en cada escenario, y a largo plazo con las variables que determinan la situación estructural de vulnerabilidad. Los abordajes parciales determinarán que los impactos ocasionados en un escenario específico comprometan la sustentabilidad de la unidad productiva o, en el otro caso, que los apoyos para reducir la vulnerabilidad por parte de las políticas públicas deban ser constantes para asegurar la sustentabilidad frente a cualquier escenario.

El abordaje propuesto puede ser implementado para diversos sistemas productivos, para diversas forzantes y para diversos escenarios climáticos y económicos. Asimismo, este abordaje podría ser integrado a las estrategias de planificación de escenarios.

El análisis realizado se basó en el marco de las capacidades necesarias a desarrollar para reducir la vulnerabilidad a las forzantes más importantes del sector. No obstante, el cambio y la variabilidad climática puede ofrecer nuevas posibilidades, incluso positivas. En este sentido, incrementar la capacidad de respuesta para tomar mayores ventajas de escenarios favorables es el siguiente camino a explorar.

5 VULNERABILIDAD DE LOS PRODUCTORES GANADEROS DE LAS SIERRAS DEL ESTE-URUGUAY: INTERACCIONES ENTRE ACTORES Y AGENTES

Este capítulo se basa en: *Díaz I, Achkar M, Mazzeo N. 2018. Drought vulnerability assessment of cattle producers in the Sierras del Este-Uruguay: interactions between actors and agents. Outlook on Agriculture, 47(4):315–325. (Anexo 2).*

5.1 RESUMEN

Las sequías impactan significativamente a la ganadería, sin embargo, las prácticas adoptadas por los productores ganaderos generalmente no son adaptativas y por tanto profundizan los impactos. Las evaluaciones han considerado a la vulnerabilidad como un atributo individual y no han considerado las interacciones entre actores y agentes como un atributo clave. Si bien el análisis de redes sociales (ARS) puede contribuir en el análisis de estos procesos, en general se ha aplicado desde una perspectiva estática y sin considerar que las forzantes externas podrían modificar la red. El objetivo de este trabajo fue analizar la incidencia de las interacciones entre actores y agentes, y el efecto de estas interacciones en la vulnerabilidad a la sequía. Se trabajó con dos marcos operativos, ARS y la incidencia de forzantes externas en la red. Los principales resultados resaltan: 1) que los productores ganaderos de mayor centralidad presentan menor vulnerabilidad, 2) que los productores ganaderos de mayor centralidad no necesariamente son identificados por otros productores por la gestión que realizan en sus predios, 3) que la principal forzante externa afecta parcialmente la estructura de la red, y 4) la existencia de trampas de rigidez e importantes dificultades en la propagación y consolidación de prácticas que permitan reducir la vulnerabilidad a la sequía. La información generada permite identificar las potencialidades y restricciones en la transferencia de información para incrementar la capacidad de adaptación y disminuir la vulnerabilidad a la sequía, y brinda un marco aplicable a otros sectores productivos, otras amenazas y otros contextos geográficos.

Palabras clave: ARS, LUCC, gestión ganadera, capacidad de adaptación

**DROUGHT VULNERABILITY ASSESSMENT OF CATTLE PRODUCERS
IN SIERRAS DEL ESTE-URUGUAY, FROM THE PERSPECTIVE OF THE
INTERACTIONS BETWEEN ACTORS AND AGENTS**

5.2 SUMMARY

Droughts significantly impact livestock systems over natural grasslands. Nevertheless, the practices adopted by cattle producers are usually not adaptive, and therefore they deepen the impacts of the drought and its vulnerability. Drought vulnerability assessments have implicitly considered vulnerability as an individual phenomenon and have not considered the interactions of actors and agents as a key attribute. Social networks analysis (SNA) can be used to analyze these processes. However, researchers have largely used SNA from a static perspective and failed to not consider that external drivers could modify the network. The objective of this work was to analyze the incidence of interactions between cattle producers, institutions and agricultural technicians and the effect of such interactions on drought vulnerability from a dynamic perspective. We worked with two operational frameworks, SNA and the incidence of external drivers on the network. Our primary results highlight that: 1) cattle producers of greater centrality present lower vulnerability, 2) central cattle producers are not necessarily identified by other producers by the management they carry out, 3) the primary external driver partially affects the structure of the network, and 4) the existence of rigidity and poverty traps and difficulties hindering the propagation and consolidation of practices that reduce drought vulnerability became evident. Our findings enable the identification of potentialities and barriers in the transfer of information to increase adaptation and reduce vulnerability to drought and provide a framework that could be applicable to other productive sectors, threats and geographical contexts.

Keywords: natural grassland, vulnerability, management, SNA, adaptive capacity

5.3 INTRODUCCIÓN

Las sequías generan importantes impactos en los sistemas económicos, siendo los sistemas agrícolas generalmente los más afectados (Wilhite et al. 2014). Los impactos generalmente han sido abordados como una función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación (CA) (González Tánago et al. 2016). Las evaluaciones de vulnerabilidad han sido muy variadas, complejizándose en las últimas décadas al considerar la sequía como un fenómeno complejo y adaptativo gobernado por múltiples dimensiones físicas, sociales, productivas y económicas (Wilhelmi y Wilhite, 2002). En general, se ha considerado a cada productor como un actor aislado, generando evaluaciones que no consideran las interrelaciones de los productores como un atributo clave.

En los últimos años ha sido notorio el crecimiento de los abordajes que plantean a la CA como un paso indispensable para incrementar la resiliencia (Rockenbauch y Sakdapolrak, 2017), atributo estrechamente vinculado al de vulnerabilidad (Chapin et al. 2009; Gallopín, 2006). Actualmente, se entiende la resiliencia como el análisis conjunto de la CA y la transformación de un sistema (Folke, 2016). El análisis conjunto de estas propiedades del sistema comprende atributos más allá del ámbito individual e involucran interacciones de diversa naturaleza entre el productor y el conjunto de actores. Así, el estudio de la estructura de las redes sociales ha sido reconocido por su importancia para entender, entre otros procesos, la CA a la variabilidad y el cambio climático (Tomich et al. 2011; Tompkins y Adger, 2004). Además, contribuyen en la generación, adquisición y difusión de conocimientos e información (Crona y Bodin, 2006; Isaac et al. 2007) y puede fomentar la capacidad de amortiguar, adaptarse y dar forma al cambio (Moore y Westley, 2011). Por otro lado, Henry y Vollan (2014) plantearon que la investigación de las interacciones sociales contribuye a la promoción del aprendizaje social, la vinculación del conocimiento con la acción y la mejora de la acción colectiva. Estas perspectivas han promovido que el análisis de redes sociales (ARS) sea una herramienta frecuentemente utilizada en los estudios de CA (Bodin y Prell, 2011; Bodin et al. 2014).

El ARS parte del supuesto básico de que los fenómenos sociales son mejor explicados a partir de las relaciones entre los actores, y que estas relaciones

interdependientes, determinan el rol y la importancia de los propios actores (Freeman, 2004; Wasserman y Faust, 1994). El ARS considera que los vínculos entre actores permiten la transferencia de información, conocimientos y bienes materiales (Wasserman y Faust, 1994). Es una estrategia de alta potencialidad dado que permite análisis a escala micro (individuo), a escala macro (red) y las relaciones entre ambas. El tipo de red puede incidir en cómo se comportan los actores (Bodin y Crona, 2009; Wasserman y Faust, 1994). El ARS permite analizar los vínculos que se establecen entre diferentes nodos y también identificar importancia de cada nodo en la red (Borgatti y Halgin, 2011; Borgatti et al. 2018; Wasserman y Faust, 1994). Además, brinda información para conocer los actores centrales en las transferencias de información y los obstáculos y posibilidades que se presentan en este proceso (Borgatti et al. 2018). La información sobre actores, vínculos y sobre la estructura de la red es obtenida mediante un conjunto numeroso de métricas, que han sido utilizadas para el análisis de diversos objetos de estudio (ver e.g., Freeman 1978; Wasserman y Faust 1994; Borgatti et al. 1998; Bodin et al. 2017)

Los ARS aplicados a investigaciones en espacios agrarios han sido variados en cuanto a su objeto de estudio, fenómeno analizado, escala de análisis, etc. (Rockenbauch y Sakdapolrak, 2017). Los avances de los ARS han estado asociados a la transferencia de conocimientos, tecnologías y de mejores prácticas agropecuarias. No obstante, y a pesar de que en su revisión Rockenbauch y Sakdapolrak (2017) dan cuenta de 60 estudios que vinculan redes sociales y resiliencia, estos autores destacan que aún es incipiente la utilización del ARS en el análisis de la resiliencia de comunidades rurales. Además, han sido pocos los estudios que consideran las forzantes externas y los impactos en la red, considerando a la red como producto estático, siendo insuficiente para evaluar la trayectoria de un sistema a largo plazo (Bodin y Prell, 2011).

Los cambios en el uso del suelo suelen ser una forzante clave en los agroecosistemas, afectando diversas dimensiones del sistema y entre ellas la permanencia de productores rurales. Por lo que, el análisis de cambios en el uso del suelo puede indicar la permanencia o desaparición de productores (nodos), y por tanto informar sobre el funcionamiento y transformación de la red. Los modelos de cambios en el uso del suelo (LCM) han sido ampliamente utilizados para analizar

cambios en la cobertura de la tierra y para realizar proyecciones de estos cambios (Eastman, 2009; Paegelow y Camacho Olmedo, 2008). Los LCM son de gran utilidad para evaluar la incidencia de las variables forzantes de los cambios y también para la predicción de cambios futuros.

En Uruguay, la sequía agronómica es la principal amenaza meteorológica (Cruz et al. 2014), y se manifiesta principalmente mediante una reducción de la productividad de los pastizales y posteriormente en la sustentabilidad del establecimiento (Bartaburu et al. 2013). Las últimas sequías (años 2006, 2008, 2009 y 2015) han generado pérdidas económicas de centenas de millones de dólares y han afectado a miles de productores ganaderos (OPYPA, 2016, 2009). La vulnerabilidad diferencial de los productores a la sequía está determinada por factores estructurales y por las estrategias productivas adoptadas (Bartaburu et al. 2013). En los sistemas ganaderos de cría de Uruguay en general la adopción de tecnologías es baja, incluso en tecnologías validadas décadas atrás y que no necesariamente representan altos costos de inversión (Pereira, 2003). En algunas regiones del país esta situación es aún más compleja, como ser en las Sierras del Este, por un conjunto de factores geofísicos, sociales y económicos (Gómez y Saravia, 2016; ver capítulos III y IV). En estos sistemas, la ausencia de prácticas adaptativas que consideren el comportamiento de la productividad de los pastizales y su variabilidad, han predominado (ver capítulo III). Adicionalmente, las interacciones entre productores son variables habiendo interacciones reguladas y otras no, las cuales dan lugar a redes formales (por ejemplo, agremiaciones) e informales (por ejemplo, intercambios de información entre productores vecinos). Si bien las interacciones y la transferencia de conocimientos y tecnologías suelen ser bajas, algunos productores han adoptado prácticas adaptativas a la sequía, por lo que surge como interrogante, ¿cómo se propagan estas innovaciones y transformaciones? y ¿qué atributos claves de la red de actores y agentes promueven una mayor capacidad de adaptación y respuesta?

Varios procesos determinan la dinámica temporal de las interacciones entre productores, entre ellas la desaparición de productores por ausencia de relevo generacional, la baja rentabilidad y la fuerte presión ejercida por el crecimiento de usos del suelo que compiten por la tierra (forestación principalmente). Así, surge

como segunda interrogante: ¿cómo los cambios en la red pueden afectar el proceso de transferencia e intercambio entre productores?

En este contexto, el objetivo de este capítulo fue analizar la incidencia de los vínculos actuales y potenciales entre los productores ganaderos sobre su nivel de la vulnerabilidad a la sequía.

5.4 METODOLOGÍA

5.4.1 Área de estudio

El área de estudio se localiza en la región Sierras del Este³, Uruguay, está delimitada por las cuencas de los arroyos Barriga Negra y Polanco y presenta una superficie aproximada de 72600 ha (Figura 1.1). En la zona se localizan aproximadamente 100 productores que desarrollan la actividad ganadera manejando una extensión media de 150 ha, y registrándose productores con menos de 20 ha y productores con 1300 ha.

La mayoría de los productores desarrollan una ganadería mixta (bovina y ovina) con predominancia de bovinos, presentan una vulnerabilidad media o alta a la sequía debido a deficiencias en la capacidad de manejar la actividad y presentan vínculos débiles entre ellos y con la institucionalidad agropecuaria (intercambio de información, débiles vínculos comerciales, agrupación para postularse a políticas públicas, etc.) (ver Capítulo III). El incremento del precio de la tierra y la reducción del área ganadera producto del avance de la forestación se presenta como una de las principales amenazas de la actividad. Así, el potencial avance de la forestación determinaría una fuerte demanda de tierras, que afectaría los productores de la zona (propietarios y arrendatarios). A esto se le adicionan otras forzantes, como ser la falta de relevo generacional y la baja rentabilidad de algunos predios.

5.4.2 Estrategia de investigación

³ Región identificada a nivel estatal como una de las zonas de mayor vulnerabilidad a la sequía debido a sus características físico-productivas (MGAP, 2012).

Se trabajó con la integración de dos marcos operativos (Figura 5.1). En primer lugar, con ARS desde una perspectiva estática a los efectos de conocer las interacciones actuales entre productores ganaderos, y la potencialidad y debilidad de éstas para contribuir en la reducción de la vulnerabilidad a la sequía. En segundo lugar, desde una perspectiva dinámica, se evaluaron los principales procesos que podrían determinar una transformación en la red, principalmente asociados a la desaparición de productores, recurriendo a la modelación de cambios en el uso del suelo.

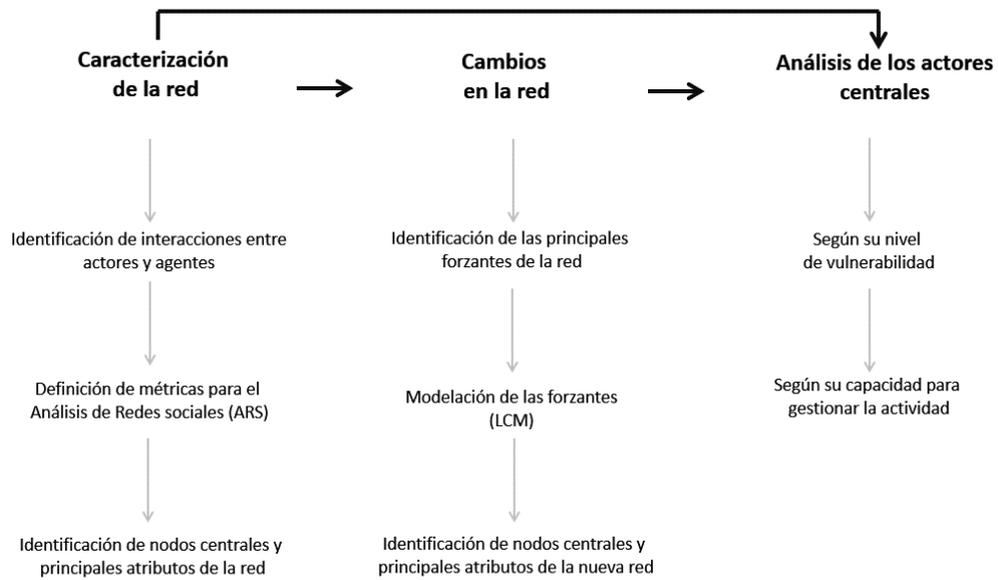


Figura 5.1. Esquema de la estrategia de investigación.

5.4.3 Relevamiento de información y análisis de redes

Fueron implementadas 37 entrevistas semi-estructuradas a productores ganaderos (Figura 1.1), 6 a técnicos privados y 2 a técnicos del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). A cada productor se le consultó sobre su situación en los cuatro grupos de respuesta identificados como capacidades claves para afrontar la sequía, y a partir de estos resultados se clasificaron en 6 grupos (Cuadros 4.1 y 4.2). Adicionalmente, en cada caso se solicitó que indicaran con que productores intercambiaban información referente a prácticas productivas y tecnologías. Asimismo, se solicitó que indicaran los casos en los cuales presentaban alguna interacción comercial. Así, se logró construir la red de vínculos actuales (intercambio de información y comerciales) de 44 productores. Además, se consultó sobre la vinculación con técnicos privados y con instituciones agropecuarias, y se identificó el vínculo con 5 técnicos asesores (agrónomos, veterinarios y técnicos agrarios) y con 5 instituciones: MGAP, Instituto Plan Agropecuario (IPA), Mesa de Desarrollo Rural (MDR)⁴, Sociedad de Fomento Rural Ortiz (SFRO) y la Agreración Rural Francisco A. Cal de Barriga Negra (ARFC).

Se utilizaron diversas métricas de ARS para caracterizar la red: el número de nodos, el número de enlaces, grado medio, densidad de la red, número de componentes, nodos aislados y centralización; y para la caracterización de los nodos: grado, centralidad por cercanía, centralidad por intermediación y centralidad del vector propio (Bodin y Crona, 2009; Bonacich, 1987; Borgatti et al. 1998; Freeman, 1978; Wasserman y Faust, 1994) (Cuadro 5.1). El análisis se desarrolló utilizando el software Gephi (2008) y el software R (R-Team, 2017).

⁴ La MDR no es una institución agropecuaria propiamente dicha. Sin embargo, se la consideró como tal dado que es una instancia de alta importancia y que posibilita diversos vínculos entre productores, técnicos, vecinos e instituciones (agropecuarias y no agropecuarias).

Cuadro 5.1. Métricas utilizadas en el ARS, descripción e interpretación.

Métrica	Descripción	Interpretación
Número de nodos	Indica el número de productores de la red. Análisis global de la red	A mayor número de nodos mayor número de actores y por tanto mayor número potencial de vínculos.
Número de enlaces	Indica el número de vínculos entre actores. Se considera un vínculo por cada dirección. Análisis global de la red	A mayor número de enlaces mayor es la vinculación entre los actores.
Grado medio	Indica la cantidad de enlaces promedio que presenta cada nodo. Análisis global	A mayor grado medio, mayor interacción de ese nodo con el resto de los nodos de la red.
Densidad de la red	Proporción de enlaces existentes en la red sobre el total de enlaces posibles. Análisis global	A mayor densidad, mayor interacción entre los actores de la red.
Número de componentes	Indica la cantidad de grupos de nodos que no se vinculan con otros grupos. Análisis global	Más de un componente indica que no existen vínculos entre actores de un componente y del otro. Un solo componente indica que desde un actor se puede llegar a cualquier otro (directa o indirectamente).
Nodos aislados	Nodos que están desconectados de todo el resto. Análisis global	Actores que no interactúan con otros actores. Por si solo cada actor forma un componente.
Grado de salida	Indica el número de enlaces que salen de un nodo. Análisis individual	A mayor grado de salida, mayor es la influencia que genera el actor. Así, el actor presenta mayor importancia como fuente de información y/o conocimiento.
Grado de entrada	Indica el número de enlaces que llegan a un nodo. Análisis individual	A mayor grado de entrada, mayor es el número de actores a los cuales recurre un actor para acceder a información/conocimiento.
Centralización por cercanía	Indica la capacidad de llegar a los otros nodos de la red	A mayor valor, más cercano se encuentra de los restantes nodos y por tanto mayor es la posibilidad de comunicarse a ellos.
Centralización por intermediación	Indica la posición de un nodo con respecto al camino geodésico de los otros	A mayor valor, mayor número de veces deben pasar por él los otros actores para acceder a otros actores. Mayor valor indica actores centrales dado que intermedian la comunicación. Medida que indica que actores contribuyen más a vincular la red.
Centralidad del vector propio	Indica la centralidad del nodo a partir de la centralidad de los nodos con los cuales está relacionado. Análisis individual	A mayor valor, este actor se conecta con actores que su vez están muy bien conectados (actores centrales).

5.4.4 Cambios en la red

Se analizaron las principales forzantes que podrían determinar cambios en la red. La evaluación de la desaparición potencial de un nodo se realizó a partir de la incidencia potencial de las principales amenazas presentes en el área de estudio. Se asumió que los nodos potencialmente afectados son aquellos que no pueden continuar con la actividad y/o que están dispuestos a abandonar la actividad (baja rentabilidad y/o alta vulnerabilidad) si la oferta por sus campos es apropiada.

Se relevó la valoración de la situación de cada establecimiento, la disposición a vender su establecimiento, y en el caso de los productores de edad avanzada la posibilidad de relevo generacional. Además, se evaluó el crecimiento potencial de la forestación exótica a partir del análisis de la transición potencial usando LCM. Se determinó la transición potencial de la forestación al año 2025, período elegido arbitrariamente a los efectos de considerar un escenario próximo. Se tomó como supuesto que la competencia entre ganadería y la forestación no presenta en el período proyectado alteraciones en los niveles de precios. Los factores de influencia definidos para este uso del suelo fueron: suelos de prioridad forestal, índice de productividad del suelo (MGAP, 1994), distancia a la forestación al año 2015, distancia a la caminería y tamaño del padrón. Se partió de mapas de forestación generados mediante la clasificación supervisada de imágenes LANDSAT 5TM de los años 2000, 2010 y LANDSAT 8 OLI año 2015. Se verificó la certeza de la transición generada por el LCM entre 2000 y 2015, y debido a su ajuste se estimó la transición a 2025. Se trabajó con el módulo Land Change Modeler de IDRISI SELVA (Clark-Labs, 2009).

La totalidad de la información se procesó mediante el desarrollo de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que contuvo la información productiva, geofísica, información geofísica y productiva para la elaboración del LCM y la clasificación de imágenes satelitales.

5.4.5 Análisis de datos

Se analizó si las métricas identificadas en el ARS diferirían significativamente entre los productores destacados por la gestión de predio (mayor capacidad de adaptación y menor vulnerabilidad a la sequía) contra el resto de los productores. Además, se analizaron las diferencias en los valores de vulnerabilidad entre los productores identificados como nodos centrales en la red contra el resto de los productores. En ambos casos, dado que los datos no presentaron distribución normal (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianza (prueba de Levene), fue utilizada la prueba U de Mann-Whitney. La existencia de relaciones estadísticamente significativas entre las métricas de los nodos y su situación de vulnerabilidad a la sequía fue evaluada mediante el coeficiente de correlación de Spearman (ρ). La comparación de las métricas de centralidad entre los diferentes tipos de productores definidos a partir de su capacidad de respuesta a la sequía se evaluó utilizando la prueba H Kruskal-Wallis y la prueba U de Mann-Whitney como análisis post hoc. Los análisis se realizaron con el software R (R-Team, 2017) y en todas las pruebas se estableció un nivel de significancia de 0,05.

5.5 RESULTADOS

5.5.1 Características principales de la red

La red comprende 54 nodos (44 productores, 5 técnicos y 5 instituciones) y 271 vínculos unidireccionales que corresponden a la interacción entre productores e instituciones (116, 43%), entre productores (69, 26%), entre productores y técnicos (66, 24%), y los restantes (20, 7%) entre técnicos con instituciones y entre ellos. La presencia de instituciones y técnicos condiciona que la red presente mayor grado medio, mayor densidad, menor número de componentes y menor número de nodos sueltos (Cuadro 5.2). El grado medio de la red fue 5.0 y respondió al alto grado registrado por las 5 instituciones (grado medio=22) y los técnicos (grado medio=8). Considerando únicamente a los productores, el grado medio de la red fue 1.6, lo cual indica un vínculo promedio de cada productor con menos de 2 productores. La mitad de las interacciones fueron de carácter informal no estando reguladas por ninguna

institución ni ningún marco formal. La otra mitad correspondió a interacciones en el marco de agremiaciones y entre productores y el MGAP. El 65% de las interacciones informales se realizaron entre productores y actores con alta centralidad y el restante 35% entre productores vecinos.

Cuadro 5.2. Descripción de la red completa y de la red compuesta únicamente por productores

Métrica	Red completa	Red sin instituciones ni técnicos
Número de nodos	54	44
Número de enlaces	271	69
Grado medio	5,0	1,6
Densidad de la red	9,5	3,6
Número de componentes	9	17
Nodos sueltos	8	15

Las 5 instituciones presentaron los mayores valores de centralidad por cercanía, se localizaron entre los 6 primeros lugares de centralidad por grado, 3 de ellas fueron las de mayores valores en centralidad por intermediación (ARFC, MGAP y SFRO), la ARFC presentó los mayores valores de centralidad de vector propio y la SFRO se localizó en tercer lugar. Los primeros lugares de centralidad en todos los casos restantes fueron ocupados por los técnicos privados (agrupados) que asesoran a productores en los planes de apoyo impulsados por el MGAP.

Sin considerar las instituciones y los técnicos, 15 productores no presentaron vínculos (nodos aislados) (Figura 5.2), y son los que presentan los mayores niveles de vulnerabilidad del conjunto de los productores ($U=125$, $p<0,02$). Se identificaron 8 productores que presentaron los mayores valores en los 4 criterios de centralidad utilizados, y que por tanto se posicionan como los nodos centrales de la red. Este grupo de productores presentan un nivel de vulnerabilidad menor al del resto de los productores ($U=67,5$, $p<0,02$), además, 4 de ellos se localizaron en la configuración A y 4 en la B. De estos productores, 4 fueron identificados por 4 o más productores por realizar una gestión destacada de su predio en el contexto del área, localizándose 2 en la configuración A y 2 en el B. Por otra parte, fueron identificados (por 4 o más productores) 5 productores que se destacan por su capacidad de liderazgo, participación y organización (3 en la configuración A y 2 en la B).

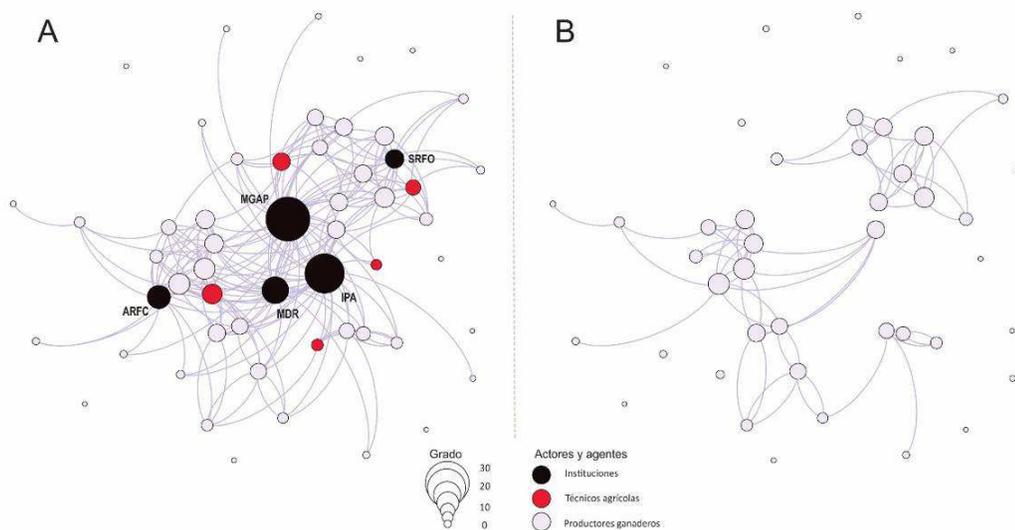


Figura 5.2. Diagrama de redes sociales considerando a: productores, instituciones y técnicos (A) y solamente productores (B). El tamaño del nodo indica el orden nodo. Las líneas indican el vínculo entre nodos (productores). Los nodos aislados indican productores que no se vinculan con ningún otro nodo.

La mitad de los productores identificados por su gestión del predio y su buen desempeño, no fueron detectados como nodos centrales (3/6). De todas maneras, estos productores presentaron valores significativamente superiores al resto en cuanto a su grado de entrada ($U=52$, $p<0,05$), de salida ($U=42$, $p<0,01$), centralidad por cercanía ($U=50$, $p<0,05$), centralidad de intermediación ($U=46$, $p<0,05$), centralidad de vector propio ($U=47$, $p<0,05$) y naturalmente al nivel de vulnerabilidad ($U=38$, $p<0,001$).

Los productores con los mayores niveles de vulnerabilidad presentaron menor grado de salida ($\rho=-0,34$, $p<0,01$) y de entrada ($\rho=-0,48$, $p<0,001$). Además, presentaron menores valores de centralidad de intermediación ($\rho=-0,32$, $p<0,05$), centralidad por cercanía ($\rho=-0,41$, $p<0,05$) y de centralidad de vector propio ($\rho=-0,33$, $p<0,05$). Por lo que, los productores de mayores niveles de vulnerabilidad se vinculan menos con otros actores y ocupan lugares de menor centralidad.

Considerando el tipo de productores de acuerdo a su capacidad para responder a la sequía, los productores del tipo 4 son los que en general presentan los mayores valores de centralidad, seguidos de los productores del tipo 2 y del 3 (Figura 5.3).

Los productores del tipo 1, 6 y 5 presentan en todos los casos los menores valores. Las diferencias entre los grupos fueron significativas en todas las medidas de centralidad ($H=24$, $H=30$, $H=23$, $H=36$, $p<0,01$), las cuales se explicaron por las diferencias entre los valores de los grupos 2, 3 y 4, contra los de los tipos 1, 5 y 6 ($p<0,05$). Al interior de estas agrupaciones (entre 2, 3 y 4, o entre 1, 5 y 6) no se registraron diferencias significativas entre los tipos ($p<0,05$).

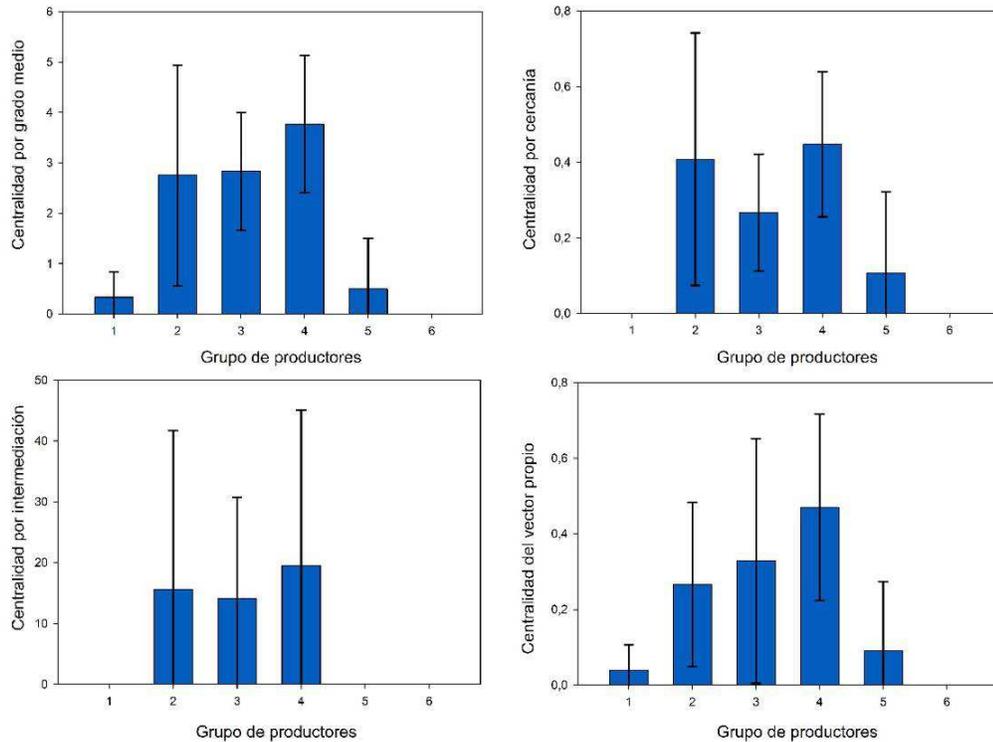


Figura 5.3. Valores medios de centralidad, y desvío estándar, según tipo de productor, definido por su capacidad de respuesta para afrontar la sequía.

5.5.2 Forzantes externas de la red

Más de la mitad de los productores analizados arriendan al menos una fracción de la superficie que gestionan, y el 25% arrienda más del 50% de ésta. Fue desatacada como grave limitante para la actividad el alto costo de la renta de la tierra, y la poca disponibilidad de tierra para arrendamiento. El 18% de los productores analizados (8/44), en general mayores a los 60 años de edad, declararon que su establecimiento difícilmente sea retomado por próximas generaciones familiares. Estos productores presentaron una vulnerabilidad a la sequía superior al resto de los productores ($U=56,5$, $p<0,05$).

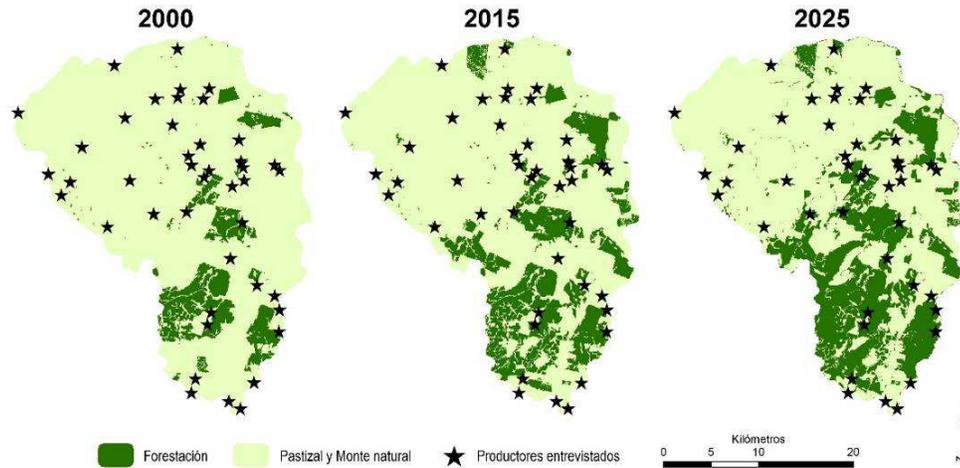
El 84% de los productores se mostró completamente reticente a abandonar la actividad. De forma contraria, el restante 16% asegura que si la oferta es buena considerarían la posibilidad de vender o arrendar. Se resalta que los niveles de vulnerabilidad de estos productores no son mayores al del resto de los productores, y que 4 de estos 7 son arrendatarios. Finalmente, 1 productor identificado como actor central de la red considera la posibilidad de abandonar la actividad y 2 actores centrales destacan problema de relevo generacional.

Al año 2025 la superficie forestal ascendería a las 20500 has, determinando un 30% de crecimiento con respecto al año 2015 y que la forestación ocupe el 27% del área de estudio (Figura 5.4). Esto podría ejercer influencia directa en predios de 15 productores (6 arrendatarios y 9 propietarios). De forma directa afectarían los predios de 5 productores que no descartan la posibilidad de vender y abandonar la actividad. El incremento de la superficie forestal generaría una reducción de la superficie ganadera del entorno del 10%, determinando principalmente una disminución de la superficie de campo natural para arrendamiento.

Este nuevo escenario determinaría una red con 34 nodos y 46 vínculos, un grado medio de 1.35, una densidad de 4%, y 15 componentes, de los cuales 13 son nodos aislados. La nueva red presentaría cambios en la ordenación de los actores centrales y que 5 de los 8 productores centrales sean los resaltados por el resto de los productores por su desempeño. Estos 5 productores presentarían una disminución media de su grado de salida de 0,5. Además, los cambios en la red determinaron una reducción en el peso relativo de los lazos entre los productores del 4%, el cual fue

asumido principalmente por los técnicos. El peso relativo de las instituciones se mantendría constante, pero en su interior es la ARFC la que presenta los mayores impactos dado que sus vínculos se reducen el 15%.

Figura 5.4. Evolución de la superficie forestal entre 2000 y 2015, y proyección de cambio al



2025.

5.6 DISCUSIÓN

La estructura actual de la red de productores, técnicos e instituciones agropecuarias del área de estudio es en general bien conectada, pero de poca densidad, de vínculos débiles y con un peso central de las instituciones y los técnicos, actores con un rol clave en la transferencia de información. También ocupan un rol destacado en la intermediación de información algunos productores ganaderos, pero estos no necesariamente son los que realizan un manejo adaptativo. Si bien la baja densidad determina que esto no sea un problema central, marca un desafío doble para la gestión dado que además de enfrentarse a la necesidad de transferir información correcta, debe asegurarse que la transmitida no sea incorrecta. Queda en evidencia una problemática fundamental debido a la necesidad de generar cambios sustantivos en las prácticas productivas de los nodos centrales, y/o de promover un incremento de la centralidad de los productores que realizan una buena gestión de sus establecimientos.

La baja densidad de interacción, con vínculos generalmente débiles, puede dificultar la transferencia de conocimientos y de experiencias exitosas de manejo, dado que la baja densidad determina menor redundancia y por tanto menores oportunidades para movilizar información, recursos y actuar de forma colectiva (Orchard et al. 2015). Adicionalmente, en concordancia con lo planteado por Gómez y Saravia (2016), la mayoría de los productores realizan prácticas productivas poco eficientes y que incrementan la vulnerabilidad a la sequía, al constatarse que predominan los predios con sobrecarga, sin manejo de la condición corporal, desfasaje en el tiempo de destete, etc.

Por lo tanto, el escenario de propagación espacial de las transformaciones parece ser muy limitado. Si bien ha sido destacado que la alta densidad de la red puede tener efectos negativos sobre la heterogeneidad de prácticas, y eso dificultar el potencial de innovación (Oh et al. 2004; Reagans y McEvily, 2003), incrementar la densidad podría posibilitar la transferencia exitosa de prácticas actualmente reconocidas por su eficiencia.

Desde la perspectiva de los ciclos adaptativos, las configuraciones adversas (trampas) limitan transformaciones consideradas beneficiosas (Carpenter y Brock, 2008; Gunderson y Holling, 2002). En el área de estudio se identifican atributos tanto de las trampas de rigidez como de pobreza. Esta afirmación se sustenta en la conectividad del sistema; en el capital económico y natural acumulado, incluido las innovaciones recientes de la ganadería pastoril y la baja resiliencia a los eventos de sequía. Se identifican atributos típicos de una trampa de rigidez dado que se presenta un sistema conectado, pero con ideas y prácticas relativamente homogéneas, con ausencia de implementación de innovaciones y alternativas claras ya conocidas y con sustento científico. Adicionalmente, pese a que los recursos no necesariamente son limitantes (debido a los recursos económicos potenciales de algunas instituciones y por la baja exigencia económica de algunas prácticas), no hay una capacidad clara para poder consolidar alternativas favorables, lo que Westley et al. (2006) destaca como atributo clave de las trampas de pobreza. Además, continúa un número importante de productores no conectados. Esta combinación, determina que las transformaciones sean sumamente dificultosas en el escenario actual dado que las innovaciones, cuando existen, difícilmente logran propagarse y consolidarse.

Las instituciones y los técnicos resultan ser actores centrales en la red analizada dado que canalizan más del 75% de los vínculos. La alta centralidad de un nodo puede tener una incidencia positiva dado que incrementa la eficiencia en la transición de información, pero también puede ser negativa dado que genera dependencia, reduce de la posibilidad de acceder a otras fuentes de información y también son altos los riesgos en caso de transferencia de información no apropiada (Abrahamson y Rosenkopf, 1997; Weimann, 1982). Estos nodos son fundamentales para fortalecer los vínculos de la red y para evitar la formación de nodos aislados. Incluso muchos productores declaran que el funcionamiento de grupos de productores es posible gracias al rol integrador del técnico a cargo. Esto es particularmente importante en el contexto uruguayo dado que se le ha otorgado al técnico privado un rol protagónico para la implementación de la política pública en establecimientos familiares y en zonas de alta vulnerabilidad. En este sentido, la información que dispone y propone la institucionalidad agropecuaria, y posteriormente los técnicos privados, es fundamental para reducir la vulnerabilidad a la sequía. Por otro lado, la baja proporción de interacciones informales profundiza el rol de la política pública en la transferencia de información y en la propagación de prácticas para reducir la vulnerabilidad.

Las estrategias de fortalecimiento de la red deben ir simultáneamente apoyadas por cambios en las prácticas productivas. De forma contraria, el fortalecimiento de la red podría tener un efecto adverso ya que los sistemas homogéneos y muy conectados suelen presentar mayor resistencia al cambio y menor capacidad de adaptación (Scheffer et al. 2012) y por tanto consolidar una trampa de rigidez. Considerando la baja adopción de determinadas prácticas productivas (ajuste de carga, tiempo de destete, rotación entre potreros, diagnóstico de gestación, etc.), el fortalecimiento de la red debe acompañarse con la promoción de prácticas que contribuyan a disminuir la vulnerabilidad. Estas prácticas no suelen ser implementadas por muchos productores pese a ser promovidas por instituciones, técnicos y ser implementadas por algunos productores. En este contexto, resulta clave comprender si la no aplicación de alternativas potencialmente favorables responde a la falta de conectividad o simplemente a la falta de interés de los productores por motivos desconocidos.

Las estrategias para reducir la vulnerabilidad a la sequía frecuentemente se han diseñado en áreas técnico-académicas, sin la participación de los productores. Generalmente el gobierno ha tomado decisiones basadas en la información disponible, que a pesar de estar en ocasiones dirigida a productores particulares (por ejemplo, a productores familiares, o a productores de las Sierras del Este y del Basalto), no ha cubierto la diversidad de productores existentes. Aunque las incipientes experiencias de co-innovación han reportado resultados favorables en Uruguay (Albicette et al. 2017; Dogliotti et al. 2014), en el área de estudio son marginales. El avance en estas estrategias, y también en la validación de alternativas actualmente en curso junto con los productores puede ser una oportunidad para la difusión y apropiación de alternativas por parte de los productores. Este proceso de definición, implementación, evaluación y consolidación de alternativas, enmarcado en el manejo adaptativo, es clave para avanzar en la consolidación de estrategias aplicables a la diversidad de productores.

Los productores centrales no necesariamente son identificados por realizar una gestión favorable de su establecimiento (en términos de vulnerabilidad y componentes asociados), lo que podría generar efectos adversos dado que la alta centralidad presenta aspectos negativos por alta posibilidad de transferencia de información o estrategias no apropiadas (Abrahamson y Rosenkopf, 1997; Weimann, 1982). La información que suele transferirse no necesariamente es la más actualizada ni la más eficiente para la gestión del establecimiento y para la reducción de la vulnerabilidad. Cabe resaltar que los establecimientos gestionados por estos productores generalmente son de mayores dimensiones y que la vulnerabilidad a la sequía de estos suele ser baja. Esta situación agrega mayor complejidad, dado que la información que se transfiere en general surge de experiencias a una escala de producción superior a la de la mayoría de los productores.

Se detectó una relación inversa entre centralidad y vulnerabilidad. Sin embargo, la variabilidad explicada fue menor al 50% dado que los productores de mayores dimensiones y los que no tienen a la ganadería como fuente de ingreso principal (niveles más bajos de vulnerabilidad), en general tienen poco vínculo con productores vecinos. Además, que los más vulnerables son también los que presentan menor centralidad. En ambos casos se resalta la necesidad de fortalecer los vínculos.

En los productores más vulnerables para acceder a conocimientos que le permitan reducir su vulnerabilidad y en los productores menos vulnerables a los efectos de transferir conocimientos. En estos casos es necesario conocer qué fracción de la vulnerabilidad tiene una componente estructural y qué parte responde a la capacidad de respuesta del productor, la cual puede ser transferida a otros. Esto es particularmente importante en el caso de los productores grandes, dado que su baja vulnerabilidad puede asociarse a la escala de producción y no necesariamente a la implementación de buenas prácticas.

La conjunción de las amenazas genera potencialmente una nueva red, menos densa, con menor peso de los vínculos de los productores y mayor vínculo de los técnicos. Por tanto, el rol protagónico de los técnicos presenta una tendencia creciente. Los cambios en la centralidad de los productores no son radicales, pero generan cambios en el orden de cuáles son los de mayor centralidad. Esta situación complejiza aún más el análisis y las estrategias de gestión desde la política pública, dado que la identificación de nodos centrales a partir de los cuales implementar estrategias de difusión debe considerar el dinamismo en la centralidad de los productores. Incluso, la situación es más compleja aún porque además de existir o no, la composición y la viabilidad de los enlaces es variable también a nivel temporal (Baird y Gray, 2014; Islam y Walkerden, 2014). La principal amenaza en la zona de estudio es el crecimiento de la superficie forestal, la que determina la disminución de superficie ganadera y el incremento del precio de la tierra. Si bien este segundo impacto no fue analizado, es un proceso que genera gran incertidumbre debido a la transformación potencial en zona con muchos productores arrendatarios.

En los ARS es frecuente asumir de forma incuestionable que las redes tienen un efecto positivo en la generación de resiliencia (Nygren y Myatt-Hirvonen, 2009; Rockenbauch y Sakdapolrak, 2017). En este trabajo se presentaron las ventajas y desventajas de las centralidades identificadas y su potencial incidencia en la inclusión y exclusión de actores en el acceso a información. Asimismo, se identificó la importancia de las instituciones agropecuarias en la composición de la red y en la generación y difusión de la información para disminuir la vulnerabilidad, tareas que suelen ser dificultosas, y demandan tiempo y recursos (Lyle y Smith, 2014; Nygren y Myatt-Hirvonen, 2009). Por otro lado, se evidenció que las amenazas actuales

repercuten de forma diferencial, principalmente en la conformación de la red y en la centralidad de los actores. Avanzar en estos aspectos es crucial para comprender la dinámica de las redes y su incidencia en el comportamiento individual y colectivo de los productores.

En el sistema analizado conviven atributos y características típicas de las trampas de rigidez y de pobreza, que se encuentran determinadas por 3 elementos claves: la conectividad de la red, la falta de interés de muchos productores de implementar alternativas, y la falta de capacidad de muchos actores en consolidar estrategias adaptativas. Conocer la causalidad y contribución de cada uno de estos tres factores es actualmente un gran desafío para disminuir la vulnerabilidad a la sequía. Principalmente porque la severidad de las sequías actuales podría contribuir en la desaparición de una parte de los productores ganaderos familiares, fundamentalmente los que gestionan menores superficies y carecen de otros ingresos. Las estrategias productivas actuales impiden aprovechar la máxima capacidad productiva en años con precipitación favorables y probablemente sean insuficientes para sobrellevar un régimen más extremo de sequías en el futuro.

5.7 CONCLUSIONES

La integración de aproximaciones estáticas y dinámicas de las redes sociales permitió caracterizar la red de productores ganaderos, la circulación de información y la transferencia de conocimientos para reducir la vulnerabilidad a la sequía. Quedó en evidencia la existencia de una red poco densa pero conectada, donde se destacó la existencia de trampas de rigidez y pobreza que limitan una posible transformación del sistema que permita reducir su vulnerabilidad a la sequía. Esta situación fue aún más compleja porque los actores (productores) centrales no se destacan por ser referentes en la implementación de alternativas adaptativas. Esta situación en general no es identificada por la política pública lo cual adiciona otra complejidad al proceso de diseño e implementación de prácticas adaptativas.

La información generada permite identificar las potencialidades y restricciones en la transferencia de información para incrementar la capacidad de adaptación y disminuir la vulnerabilidad a la sequía, y además brinda un marco aplicable en otros sectores productivos, otras amenazas y otros contextos geográficos.

6 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES

La vulnerabilidad a la sequía de los productores ganaderos de las cuencas de los arroyos Barriga Negra y Polanco es producto de la incidencia de numerosas y complejas condiciones que actúan de forma interrelacionada. En primer lugar, las estrategias adoptadas por la mayoría de los productores no han considerado la variabilidad espacio-temporal de la productividad primaria de los pastizales, lo cual ha generado notorios impactos principalmente durante los eventos de sequía. En segundo lugar, la capacidad de los productores para adaptarse y responder a las sequías es generalmente baja y depende de las condiciones biofísicas, económicas, productivas y financieras de los productores y sus predios. En tercer lugar, la vulnerabilidad a la sequía es en gran parte dependiente de condiciones histórico-estructurales, pero también queda en evidencia la existencia de un margen de posibilidades para disminuir la vulnerabilidad de cada productor. En cuarto lugar, la configuración actual de las interacciones entre productores, y entre estos con técnicos y con la institucionalidad agropecuaria, incluye la existencia de trampas de rigidez y de pobreza, y también importantes dificultades en la propagación y consolidación de prácticas que permitan reducir la vulnerabilidad a la sequía.

Este conjunto de condiciones ha sido abordado en esta tesis y sus principales resultados han sido discutidos en los 4 capítulos presentados anteriormente. A continuación, se realiza una discusión global de la tesis.

6.1 IMPLICANCIAS DE LA VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PASTIZALES

Manejar la variabilidad espacio-temporal de la productividad, es el principal desafío de la ganadería dado que la productividad es la base y la principal componente de dichos sistemas. Como ha sido documentado en numerosos antecedentes (Jobbagy et al. 2002; Milchunas y Lauenroth, 1993; Oesterheld et al. 1998; Ruppert et al. 2012; Sala et al. 1988), el principal factor que explica la variabilidad temporal son las precipitaciones y los que explican la variabilidad espacial son el tipo de suelo, la topografía y el uso del suelo. Este comportamiento ha sido reconocido en el sistema analizado, en el cual además se logró identificar la

incidencia relativa de cada factor. Particularmente se identificó la relación entre las precipitaciones acumuladas de los meses previos con la productividad, lo cual brinda información fundamental para la planificación temporal a nivel de predio. Por otro lado, se encontró que las relaciones identificadas entre la PPNA con los controles geofísicos y con la carga ganadera se invierten en períodos de sequía. Esta situación complejiza el análisis y demanda la consideración de estas relaciones no lineales para el diseño de estrategias de gestión.

A nivel temporal, la productividad no registró una tendencia creciente mientras que la carga ganadera registró un crecimiento sostenido desde 2002 hasta 2015. Este patrón, que no estuvo acompañado de cambios significativos en la suplementación del ganado, muestra implícitamente que los productores consideran en el largo plazo a la carga ganadera como una variable independiente de la productividad, al menos en escalas temporales superiores al año. Al interior de un año, se suele considerar como variables dependientes, manejando la carga ganadera a través de la compra y venta de ganado. Esta estrategia reactiva, suele ser ineficiente e incrementa la vulnerabilidad de los productores, como ya ha sido identificado a nivel nacional por Bartaburu et al. (2009). Las estrategias de los productores generalmente no han considerado otras opciones, además de la disminución/incremento de la carga y del arrendamiento de campos en momentos críticos. Esta última opción resulta ser sumamente dificultosa en la actualidad debido a los procesos de intensificación agraria en la zona. Las estrategias productivas y comerciales implementadas por los productores de la zona impiden maximizar beneficios en años de precipitaciones favorables, y perjudican seriamente al establecimiento en términos biofísicos y económicos en períodos de sequía. Este escenario mantiene vigente el desafío de cada productor asociado a la gestión de la información y de su establecimiento, y también a escala de ordenamiento de los usos del suelo que compiten con la ganadería en las Sierras del Este.

Si bien muchos productores aseguran haber recibido información sobre las ventajas y desventajas de considerar el comportamiento espacio-temporal de la productividad primaria y utilizar esa información para la planificación a nivel predial, esta práctica es completamente marginal en el área de estudio. En este sentido, es necesario seguir profundizando para comprender el conjunto de razones

por las cuáles los productores optan por mantener una sobrecarga estructural en sus campos.

6.2 CAPACIDAD DE LOS PRODUCTORES PARA RESPONDER A LOS EVENTOS DE SEQUÍA

Se identificaron 4 grupos de factores que determinan la capacidad de respuesta para afrontar la sequía. Los resultados alcanzados no se ordenan en los componentes clásicos de la sensibilidad y capacidad de adaptación, y tampoco lo hacen en los componentes clásicos de la sustentabilidad. Se destacó como grupo más importante el referente a la capacidad de manejar la actividad, el que estuvo fuertemente determinado por la carga ganadera, variable identificada a escala nacional y regional por su relevancia para asegurar la sustentabilidad económica y ambiental de los establecimientos (Dieguez et al. 2014; Foran y Stafford Smith, 1991; McKeon et al. 2009). Le siguió la capacidad socio-económica, determinada principalmente por el acceso a otras fuentes de ingreso y a las políticas públicas, y por sus interacciones con otros productores. En tercer lugar, se identificó la capacidad de acceder a fuentes alternativas de alimentación para el ganado, capacidad generalmente baja en la zona de estudio, y alcanzada mediante la compra de suplementos a actores externos. Finalmente, el cuarto componente determinado por la flexibilidad comercial y financiera, resulta clave en el área de estudio dado que la gran mayoría de los productores presentan entre su principal estrategia durante períodos de la sequía la compra/venta de ganado para ajustar la carga a la disponibilidad de alimentos. El abordaje realizado permitió diferenciar 6 grupos de productores, de acuerdo a su situación actual con respecto a los grupos de respuesta. Esta discriminación resulta de gran importancia para la elaboración de políticas públicas que consideren las necesidades diferenciales de los productos, de acuerdo a sus diferencias estructurales y coyunturales. Situación de gran importancia dado que, como fue planteado por (Campbell et al. 2006; Marshall y Smajgl, 2013), difícilmente una estrategia brinde soluciones para todos los productores.

En el contexto de la ganadería de las Sierras resulta fundamental analizar la interacción posible entre las diversas estrategias que se pueden plantear para reducir la vulnerabilidad. La consolidación de una estrategia puede generar un escenario en

el cual se prescindan de otras estrategias, por ejemplo, un ajuste de la carga permite disminuir la compra de suplemento en períodos de sequía. Pero también, incrementar el acceso a suplementos puede permitir mantener cargas elevadas, incluso durante eventos de sequía. La evaluación de esta estrategia como práctica adaptativa necesariamente deberá analizarse en el contexto de las relaciones de dependencia en la que se configure este proceso. Utilizar estrategias altamente dependientes del mercado (y por tanto con alta variabilidad), podrían incrementar la exposición y presentarse inicialmente como práctica adaptativa pero finalmente ser una práctica que incremente la exposición. En la misma línea y en concordancia con lo planteado por (Wilhite et al. 2014), para afrontar la sequía en general se suelen tomar estrategias reactivas por parte del gobierno, como por ejemplo apoyo en momentos de emergencias, ayudas económicas e impositivas, etc., estrategias que pueden incrementar impactos futuros al reducir la autonomía de los productores (por ejemplo por endeudamiento) e incrementar la dependencia. El abordaje desarrollado pone el foco en el desarrollo de capacidades de respuesta, como estrategias proactivas para afrontar la sequía. Incrementar la capacidad de respuesta es el principal desafío que enfrentan los productores y la política pública. Si bien se desprenden algunos atributos claves que tendrían una repercusión favorable en la capacidad de respuesta, es actualmente un gran desafío conocer como interactúan los diversos atributos y grupos de respuesta, en qué medida son intercambiables, en qué contextos, y cuál es la configuración más eficiente de las capacidades de respuesta. Continuar respondiendo estas preguntas es imprescindible para la planificación de estrategias para afrontar la sequía.

6.3 VARIABILIDAD DE LA VULNERABILIDAD EN FUNCIÓN DE LAS PRINCIPALES FORZANTES EXTERNAS

Las principales amenazas y las principales forzantes de la actividad ganadera son variables dinámicas, de alta incertidumbre, por lo que también será dinámica la vulnerabilidad de los productores. Por otro lado, y como fue presentado anteriormente, difícilmente una estrategia brinde soluciones para todos los productores. Integrando ambas ideas se desprende que las estrategias para responder a las sequías estarán en función de cada productor y de cada período (determinado

por la interacción de las forzantes). Los resultados de los escenarios construidos ponen en evidencia que los productores más vulnerables en el escenario actual suelen ser los más vulnerables en cualquier escenario. No obstante, se destaca que este comportamiento no es completamente lineal, dejando en evidencia una situación de alta complejidad y que propone que las estrategias de reducción de la vulnerabilidad deberán enfocarse a dos niveles, estructural y coyuntural, dado que variarán, parcialmente, en función del escenario considerado.

Se detectó que la vulnerabilidad se encuentra determinada por condicionantes histórico-estructurales y por la capacidad de respuesta de los productores para afrontar la sequía. Si bien este último grupo de variables parecería ser de carácter coyuntural, se visualizó que se encuentra fuertemente determinado por las condicionantes histórico-estructurales, incluso hasta el punto de que esta situación ha determinado que las decisiones de gestión de los productores (y su materialización) se comporten en la práctica como variables estructurales.

Se resalta que la vulnerabilidad de los productores tiene una componente estructural, con posibilidades de alteración y transformación de suma dificultad, destacándose el acceso a la tierra, forma de tenencia y dimensión de los establecimientos. Factores ya identificados en estudios recientes (Bartaburu et al. 2013; Cruz et al. 2018) y que se presentan como atributos centrales en la explicación de la vulnerabilidad. Superar esta dimensión de la vulnerabilidad implica cambios sustantivos y por tanto una actuación activa de los productores y de la política pública. Algunas estrategias tomadas por parte de la política pública, principalmente en el marco de la DGDR y del Instituto Nacional de Colonización (INC), así como de algunas organizaciones sociales y de productores, han apoyado iniciativas y estrategias para mitigar los impactos generados por esta componente de la vulnerabilidad. Continuar en este camino es actualmente un gran desafío para los productores más vulnerables y para la política pública en su conjunto.

En el otro caso, se encuentran los aspectos coyunturales, pero altamente influenciados por los estructurales, que incluso podrían considerarse como tales. Estos últimos, pese a que su transformación no es sencilla, no alcanza los niveles de complejidad de los histórico-estructurales. En este caso se integran variables de gestión de la actividad, y las decisiones económicas y financieras que realizan los

productores cotidianamente. La mayoría de estas variables fueron destacadas en el capítulo II, y se integraron a los 4 grupos de capacidad de respuesta de los productores para afrontar la sequía. Adicionalmente, estas variables suelen ser dependiente de las variables estructurales, y presentan algún nivel de alteración debido a la actuación de las forzantes. Paparamborda (2017) clasifica a las tecnologías de bajo o nulo costo en: tecnologías de carácter estratégico, tecnologías que ayudan a tomar decisiones y tecnologías de carácter táctico. Para el caso de los productores analizados, se destacó una baja adopción en los tres grupos, siendo menor la adopción en los productores que gestionan menores superficies y con mayor porcentaje de tierras en modalidad de arrendamiento.

La identificación de este comportamiento de las condicionantes de la vulnerabilidad abre dos posibilidades de acción. En primer lugar, sobre las variables estructurales, y en segundo lugar sobre las otras para maximizar los beneficios en períodos favorables y minimizarlos en períodos adversos.

En los capítulos II y III se demostró que el grupo de variables que integran la capacidad de manejar la actividad ganadera es prioritario. Sin embargo, se destacó la dificultad para avanzar hacia una trayectoria deseada en este grupo de respuesta debido a que el contexto dominante (productores de edad avanzada, en general reticentes a cambios técnicos y tecnológicos, pocos recursos para inversión y contratación de mano de obra, etc.) no resulta favorable para la implementación de cambios significativos en este grupo de variables. En este sentido, emerge como principal desafío identificar el camino más apropiado para promover los cambios necesarios para incrementar la eficiencia en el manejo de la actividad.

La utilización de escenarios permitió avanzar en la caracterización del comportamiento general de los productores, identificar las capacidades de respuesta necesarias para afrontar la sequía de acuerdo a la situación de cada productor y en cada contexto, y finalmente reafirmar la incidencia de las variables histórico-estructurales. Este abordaje permitiría redirigir eficientemente las acciones a tomar para afrontar la sequía, y además mitigar el riesgo generado por la alta incertidumbre de las forzantes que afectan el sistema analizado.

6.4 CONFIGURACIÓN ACTUAL DE LAS INTERRELACIONES ENTRE PRODUCTORES

La no adopción de estrategias adaptativas y de respuesta a la sequía por parte de los productores responde principalmente a dos barreras que refieren a las dificultades en la transferencia de información, por un lado, y en la consolidación y materialización de esta información en transformaciones concretas por otro lado.

El incremento y fortalecimiento del vínculo entre productores podría ofrecer un conjunto de oportunidades y repercutir favorablemente en la trayectoria de cada establecimiento. Estos vínculos pueden desencadenar cambios en las acciones y prácticas de productores, y posibilitar la transferencia y adopción de estrategias adaptativas. En este sentido se destaca una componente colectiva de la vulnerabilidad, definida a través de las interrelaciones entre los productores ganaderos, y entre estos con la institucionalidad agropecuaria y los técnicos privados.

Los vínculos entre productores en general son débiles, y la red conformada entre estos es de poca densidad, aunque con buena conexión. En el área de estudio se detectaron un conjunto importante de limitaciones para la transferencia de información. Esta situación podría explicar el contexto general del área, en el cual la mayoría de los productores realizan cotidianamente prácticas no adaptativas a la sequía. Pero desde otro ángulo, al constatar que los productores con mayores valores de centralidad no necesariamente son los que realizan prácticas adaptativas, la configuración actual de la red a su vez estaría impidiendo la circulación de prácticas no necesariamente favorables. La gran mayoría de los vínculos de la red están determinados por la actuación de las instituciones agropecuarias y de los técnicos agropecuarios privados, por lo que estos agentes ocupan una posición central en la circulación de información y de prácticas adaptativas. Su participación, de esta manera, es fundamental para sortear las trampas de rigidez que se han consolidado en el área de estudio.

En el caso de los productores, su participación como nodos centrales es actualmente más acotada y limitada. De todas maneras, el potencial de crecimiento en este sentido es muy amplio, siendo necesario explorar nuevos caminos para consolidar y dinamizar la transferencia de conocimientos de los productores que

actualmente realizan prácticas favorables e implementan estrategias proactivas para afrontar la sequía.

La complejidad de la configuración actual de la red y de los flujos entre actores y agentes evidencia la existencia combinada de trampas de rigidez y de pobreza, como fueron definidas por (Carpenter y Brock, 2008; Gunderson y Holling, 2002; Westley et al. 2006). De rigidez porque si bien está conectado, las ideas y las prácticas en general son homogéneas y las innovaciones son la excepción. De pobreza, porque en general no hay capacidad para la consolidación de prácticas adaptativas. Analizar la explicación, el contexto y la trayectoria de las dos trampas identificadas resulta clave debido a la retroalimentación existente entre ambas. Como fue presentado, la componente estructural de la vulnerabilidad condiciona el resto de las componentes de la vulnerabilidad, determinando un escenario de menor aptitud y posibilidad para la incorporación de respuestas. De esta manera, se consolidan redes que, si bien pueden estar conectadas, la circulación de información y la consolidación de prácticas adaptativas es marginal. Como ejemplo se destaca que los productores que manejan menor superficie y son principalmente arrendatarios, son los que identifican a la sobrecarga como una estrategia indispensable para la sustentabilidad económica de sus predios. Esa estrategia determina una situación de baja permeabilidad a la información y a los conocimientos que posibilitarían otra forma de manejo, y consolidan trampas de rigidez. Por otro lado, en muchos casos, las alternativas de gestión no siempre son abordables en términos económicos para estos establecimientos, donde la escala de producción suele ser clave (Saravia y Gómez Miller 2013), consolidando también trampas de pobreza.

En este contexto de alta complejidad se destaca que los cambios en la trayectoria de las interacciones entre actores y agentes deberán acompañarse de cambios en otras dimensiones. Cambios en las prácticas para asegurarse que la información transferida contribuya a reducir la vulnerabilidad, y cambios además en los diferentes componentes de la vulnerabilidad. La complejidad de las interrelaciones entre los atributos mencionados sugiere que el éxito en la transformación del sistema hacia un escenario de menor vulnerabilidad seguramente se alcance modificando simultáneamente varios componentes de la vulnerabilidad.

Sobre estas barreras, han trabajado recientemente varios investigadores (Aguerre et al. 2015; Albicette et al. 2017; Dogliotti et al. 2014; Scarlato et al. 2014). Estos autores reportan resultados favorables, y experiencias exitosas y eficientes para mejorar la sostenibilidad de los productores mediante la co-innovación, como estrategia para generar cambios en el manejo y en las tecnológicas utilizadas. Esta alternativa, que se debería continuar explorando, podría contribuir a superar algunas de las barreras identificadas en cuanto a la transferencia, asimilación y consolidación de alternativas.

6.5 PRINCIPALES INTERROGANTES

Un conjunto de interrogantes se mantiene vigente para los productores ganaderos del área de estudio. Entre ellas se destacan: ¿cuál es la evolución esperada de la vulnerabilidad a la sequía? ¿cómo incide la sequía y sus impactos asociados en la sustentabilidad de los productores? ¿qué aspectos deberían promoverse y/o fortalecerse para incrementar la adaptación y respuesta a la sequía? ¿qué medidas, en el marco de la planificación y el ordenamiento del territorio, podrían contribuir en la reducción de la vulnerabilidad?

6.5.1 Evolución de la vulnerabilidad

Cruz et al. (2018) destacan que en los últimos años se han registrado importantes cambios en las acciones desarrolladas para afrontar las sequías, principalmente evolucionando hacia un enfoque de gestión de riesgo integral. Además, destacan dentro de los principales cambios una mayor integración interinstitucional, un acercamiento entre la ciencia y la política, un incremento del aprendizaje social y político, el incremento de visiones proactivas, la incorporación de la adaptación al cambio climático por parte del gobierno uruguayo, la creación y fortalecimiento de grupos de investigación y ámbitos académicos en el tema. Finalmente realizan una valoración positiva de estas acciones, sosteniendo que han contribuido a mejorar la capacidad de adaptación del sector agrícola a la variabilidad climática y, en particular, a la sequía.

Independientemente de lo favorable del camino recorrido, la incidencia de estas acciones en la vulnerabilidad de los productores aun es difícil de evaluar. En general la percepción de los productores ganaderos es que las sequías se han intensificado (Lindemann et al. 2013), a pesar de que no se haya constatado un incremento en la intensidad y la frecuencia de estos eventos (Bidegain et al. 2013; Cruz et al. 2014). Esta situación sugiere por un lado la incidencia de otras variables como ser cambios en el uso del suelo, incremento de la carga ganadera, de los precios, etc. (Cruz et al. 2018), y por otro lado que los esfuerzos realizados, aún son insuficientes para lograr impactos significativos en la vulnerabilidad de productores ganaderos a la sequía. Esta situación fue claramente evidenciada en el área de estudio, donde la mayoría de los productores asegura que sus niveles de vulnerabilidad se han mantenido o se han incrementado. Actualmente, es un gran desafío que estos avances se traduzcan en un incremento de la capacidad de respuesta de los productores ganaderos.

En el contexto actual, la vulnerabilidad a la sequía se encuentra en función del comportamiento de las forzantes más relevantes (principalmente PPNA). La evidencia empírica relevada y presentada el capítulo III indica que en años favorables (alta productividad), la vulnerabilidad tiende a disminuir en todos los productores, y principalmente en aquellos que tienen menos valores en sus capacidades de respuesta. De forma contraria, si la productividad disminuye, la tendencia es a incrementar la vulnerabilidad y se manifiesta principalmente en estos productores con menores capacidades de respuesta. Dado que la intensificación agraria en general tiende a incrementar la vulnerabilidad de los productores, solamente en un escenario de alta productividad, manteniendo las estrategias actuales, los productores mantendrían o disminuirían su vulnerabilidad. En este sentido, por un lado, se destaca que la tendencia a futuro es poco alentadora, porque responde básicamente al comportamiento de una variable de alta incertidumbre y no controlable. Situación más compleja aún, dado que las estrategias pasivas y reactivas habituales de los productores, determinan que en años favorables los beneficios no se maximicen y que en años desfavorables los impactos se intensifiquen. Dado que esta situación afecta principalmente a los más vulnerables, la tendencia finalmente en este

contexto es que la vulnerabilidad se incrementa más a medida que los productores son más vulnerables.

6.5.2 Vulnerabilidad y sustentabilidad

La evidencia empírica presentada en los capítulos II y III muestra que los productores más vulnerables en la zona de estudio son los que presentan determinadas características históricas y estructurales desfavorable, situación destacada también por (Cruz et al. 2018). Además, son también vulnerables los que presentan menor capacidad de respuesta, menor acceso a información y menor vinculación con productores, técnicos y con la institucionalidad agropecuaria. La sequía ha sido históricamente, y principalmente en los últimos años, una forzante de suma relevancia en la sustentabilidad de los establecimientos. Cada evento de sequía aislado ha generado una disminución de la sustentabilidad, mediante una reducción de la capacidad de responder a eventos externos, más allá de la sequía. Esta reducción se ha manifestado principalmente por medio de un endeudamiento y pérdida de autonomía, reducción de la superficie gestionada, cambios en la composición del rodeo, adopción de estrategias no adaptativas, etc. Situación que además limita la adopción de tecnologías (Saravia y Gómez Miller, 2013). Todo esto ha determinado un incremento progresivo de la vulnerabilidad a la sequía y también un posicionamiento desfavorable frente a cualquier variación interna o externa del sistema. Asimismo, ha configurado un escenario en el cual no es posible aprovechar la máxima capacidad productiva en los años favorables.

La combinación de estos procesos ha trasladado a los productores hacia una zona creciente de vulnerabilidad, localizando a muchos en una zona crítica, en los cuales su sustentabilidad y permanencia se vincula a una combinación específica de forzantes externas que no controlan y que tienen alta variabilidad. Si bien muchos productores logran manejar estos niveles altos de insustentabilidad (con alternativas variadas que incluyen: incorporarse al mercado laboral como asalariados, vender parte de su predio, disminuir la superficie o la calidad de las tierras arrendadas, etc.) su situación cada vez se acerca más a un umbral que compromete su permanencia como productores. Trabajar en la búsqueda de soluciones para que los productores se mantengan en la actividad resulta clave en términos sociales, culturales, productivos

y ambientales. De acuerdo a los resultados obtenidos, el camino a seguir apunta por un lado a la generación de acciones para reducir la vulnerabilidad estructural, y por otro lado a la generación de capacidad de respuesta.

6.5.3 Aspectos a promover para reducir la vulnerabilidad

Muchas acciones han sido mencionadas en análisis recientes (Cruz et al. 2018) y corresponden a los ámbitos políticos y científico-académicos principalmente. Además de continuar avanzando en el fortalecimiento institucional, académico-científico, y promoviendo la producción de conocimiento, otros aspectos merecen ser resaltados. La evidencia empírica relevada en esta tesis permite presentar algunos aspectos que, complementando los anteriores y sin excluir otros, podrían contribuir en la reducción de la vulnerabilidad.

Se presenta como prioritario mejorar la capacidad de manejo del campo natural y de la carga. Los resultados obtenidos en la tesis concuerdan con lo relevados por Lindemann et al. (2013) y Saravia y Gómez Miller (2013), encontrándose limitantes en el acceso a la información y también importantes barreras para acceder a medidas adaptativas, principalmente por sus costos y problemas de financiamiento. Asimismo, los productores afirman que cambiar las estrategias actuales (principalmente la sobrecarga) no son viables económicamente de acuerdo a la configuración y rentabilidad de sus establecimientos. Además, se detectaron importantes diferencias entre la percepción de la mayoría de los productores y las medidas de adaptación identificadas actualmente por la academia y la política pública. Situación que exige repensar en primer lugar los mecanismos de transferencia de la información, y por otro lado y en paralelo, el manejo comercial y financiero de los establecimientos. El acceso a la información en general ha sido identificado como una barrera potencial en todas las fases de la adaptación (Moser y Ekstrom, 2010). En el área de estudio, el acceso a información es una barrera para la comprensión del problema, para la planificación y finalmente para el manejo. Pese a que los productores identifican a la variabilidad climática como principal responsable de su vulnerabilidad a la sequía, tienen serios problemas para comprender la información tal cual se suele presentar, y por otro lado no pueden traducir esa información en medidas concretas. La gran mayoría de los productores declaró que

no hubiese realizado cambios significativos en su predio para el caso hipotético de conocer con 12 meses de anticipación la inminencia de una sequía. Por otro lado, pese a que muchos productores han accedido al menos a información parcial sobre las ventajas de ajustar la carga, la gran mayoría aún duda de la viabilidad económica de esa estrategia en el largo plazo, y además desconoce cómo realizar el proceso de manera eficiente en el corto plazo. Estos dos ejemplos, muestran que los productores tienen dificultades para acceder y/o procesar la información, y sugiere que los esfuerzos para seguir generando conocimiento que permita reducir la vulnerabilidad a la sequía deberán acompañarse de una intensa campaña de difusión y extensión rural que permita acercar los avances generados a los productores. La estrategia de co-producción de conocimiento, destacada anteriormente, podría contribuir en este sentido.

Otro aspecto central es la contribución de las políticas públicas en la reducción de la vulnerabilidad. Si bien su impacto es aún incierto, la gran mayoría de los productores realizan una valoración positiva de los apoyos recibidos, principalmente los beneficiarios a planes de la DGDR. Algunos aspectos que emergen de esta tesis refieren a la necesidad de incrementar el detalle en la diferenciación de los productores, de las cualidades que contribuyen en la generación de vulnerabilidad y en los aspectos que se presentan como barreras para responder a la sequía. Más allá de los avances en la diferenciación de los productores para la elaboración de políticas sectoriales, como ser el registro de productores familiares (Sganga et al. 2013) o la definición de las dos zonas (Basalto y Sierras del Este) de alta vulnerabilidad a la variabilidad climática (MGAP, 2012), la evidencia empírica muestra que esa escala de análisis presenta limitaciones en la consideración de la alta variabilidad de las situaciones registradas, incluso para un solo sector y una zona relativamente homogénea como la analizada en este trabajo. La utilización de grupos de productores de acuerdo a sus capacidades actuales de responder a un evento externo se presenta como una estrategia de alto potencial y una escala con alto nivel de detalle, para ser integrada a las escalas de análisis actuales. Asimismo, la utilización de escenarios podría contribuir en la definición de acciones a tomar en cada grupo de productores. En términos concretos, esta metodología y la información generada se

podría utilizar para la definición de planes de apoyo a productores y para la identificación de acciones intraplan a promover en cada tipo de productor.

6.5.4 Planificación y ordenamiento del territorio

Un aspecto que sobresale en los análisis de vulnerabilidad y particularmente de vulnerabilidad a la sequía, es que la planificación del territorio y el ordenamiento territorial suelen estar ausentes o ser considerados de forma marginal. En este sentido se asume que los factores y los fenómenos se distribuyen a nivel territorial por algún motivo indiscutible e inalterable. Así, los análisis y evaluaciones de estrategias se reducen a encontrar una configuración que mitigue los impactos que se generan por incompatibilidades en los diferentes usos del suelo y sus procesos asociados.

En el área de estudio se detectó un claro proceso de expansión de la forestación de especies exóticas. Este fenómeno ha impactado notoriamente en la vulnerabilidad de los productores, debido a su incidencia principalmente en la reducción del área ganadera y en el incremento del precio de la tierra. Claramente el desarrollo de la ganadería en el área de estudio, particularmente la ganadería familiar, entra en conflicto y contradicción con la actividad forestal. Pese a los esfuerzos realizados para apoyar/proteger a la ganadería familiar por parte de la política pública, en general no logran afrontar la tendencia del mercado y tampoco los impactos generados por otras políticas públicas que promueven el crecimiento forestal. En este sentido, se visualiza la necesidad de una incidencia creciente de apoyo a la ganadería familiar si la tendencia de promoción de la actividad forestal, y/o el contexto de la actividad forestal se mantiene. La planificación y el ordenamiento del territorio deberían jugar un papel central, regulando el crecimiento de la actividad forestal, asegurando y reservando áreas para el desarrollo de la ganadería, y regulando las variaciones del precio de la tierra.

Por otro lado, integrando estas herramientas a las actualmente disponibles para el fomento y apoyo a la ganadería y a la producción familiar, resulta fundamental incorporar y promover una lógica espacial en la configuración de las relaciones entre los productores. En este sentido, fortalecer los procesos de interacción y de complementariedad se presentan como estrategias de alta potencialidad en la zona de estudio. Situación que podría arrojar importantes beneficios económicos, y además

promover un proceso de aprendizaje en conjunto que afecte positivamente todas las dimensiones de la sustentabilidad de los establecimientos.

6.6 CONCLUSIONES GENERALES

En esta tesis se concluye que:

- la vulnerabilidad a la sequía de los productores ganaderos de las cuencas de los arroyos Barriga Negra y Polanco presenta una tendencia creciente,
- pese a los esfuerzos realizados (estatales, institucionales e individuales), los generadores de información no logran aportar alternativas a los productores para manejar la variabilidad espacio-temporal de la PPNA de los pastizales,
- razones económicas, financieras y culturales impiden a los productores cambiar sus estrategias actuales, y transitar hacia alternativas proactivas y adaptativas.
- un gran desafío para la política pública en Uruguay vinculada a la generación de adaptación y respuesta a la sequía es identificar, y luego consolidar, estrategias que se adecuen a la diversidad de productores.
- avanzar en la reducción de la vulnerabilidad implica cambios en las condicionantes estructurales de la vulnerabilidad, cambios en la capacidad de los técnicos para definir alternativas que permitan aumentar la capacidad de respuesta de los productores, y cambios en los productores para poder responder y adaptarse.
- la estrategia metodológica propuesta en esta tesis permitió operativizar y evaluar la vulnerabilidad de los productores a la sequía, y presenta un marco aplicable para la evaluación de otras forzantes y controles, otros sistemas productivos y otros contextos geográficos.

7 **BIBLIOGRAFÍA**

- Abrahamson E, Rosenkopf L. 1997. Social Network Effects on the Extent of Innovation Diffusion: A Computer Simulation. *Organization Science*, 8(3), 289-309.
- Abson DJ, Dougill AJ, Stringer LC. 2012. Using Principal Component Analysis for information-rich socio-ecological vulnerability mapping in Southern Africa. *Applied Geography* 35(1-2):515-524.
- Adger WN. 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change* 16(3):268-281.
- Aguerre V, Ruggia A, Scarlato S, Albicette M. 2015. Co-innovation of family farm systems: developing sustainable livestock production systems based on natural grasslands. En: *Proceeding 5th International Symposium for Farm Design Systems*. Montpellier, pp 345-346.
- Albicette MM, Leoni C, Ruggia A, Scarlato S, Blumetto O, Albín A, Aguerre V. 2017. Co-innovation in family-farming livestock systems in rocha, Uruguay: A 3-year learning process. *Outlook on Agriculture* 46 (2):92-98.
- Altesor A, Oesterheld M, Leoni E, Lezama F, Rodríguez C. 2005. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. *Plant Ecology* 179(1):83-91.
- Altieri M. 1996. *Agroecology: The science of sustainable agriculture*. Colorado, USA, Westview Press, Inc. pp 433.
- Anderberg M. 1973. *Cluster Analysis for Applications*. New York. Academic, pp 359.
- Andersen E, Elbersen B, Godeschalk F, Verhoog D. 2007. Farm management indicators and farm typologies as a basis for assessments in a changing policy environment. *Journal of Environmental Management* 82(3):353-362.
- Antwi-Agyei P, Fraser EDG, Dougill AJ, Stringer LC, Simelton E. 2012. Mapping the vulnerability of crop production to drought in Ghana using rainfall, yield and socioeconomic data. *Applied Geography* 32(2):324-334.
- Aryal S, Cockfield G, Maraseni TN. 2014. Vulnerability of Himalayan transhumant communities to climate change. *Climatic Change* 125(2):193-208.
- Baeza S, Lezama F, Paruelo JM. 2010. Caracterización funcional en pastizales y su

- aplicacion en Uruguay. En: Altesor A (Eds) Bases ecologicas y tecnologicas para el manejo de pastizales. Montevideo, Uruguay. INIA-FPTA no. 26, pp 161–180
- Baird TD, Gray CL. 2014. Livelihood diversification and shifting social networks of exchange: A social network transition? *World Development* 60:14-30.
- Bartaburu D, Morales H, Dieguez F, Lizarralde C, Quiñones A, Pereira M, Molina C, Montes E, Modernel P, Taks J, De Torres F, Cobas P, Mondelli M, Terra R, Cruz G, Astigarraga L, Picasso V. 2013. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la ganadería frente al cambio climático. En: *Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay*. Montevideo. MGAP. FAO TCP URU 3302, pp 58.
- Bartaburu D, Duarte E, Montes E, Morales Grosskopf E, Pereira M. 2009. Las sequías: un evento que afecta la trayectoria de las empresas y su gente. En: Morales Grosskopf E, Dieguez, F. (Eds). *Familias y campo. Rescatando estrategias de adaptación*. Montevideo, IPA, pp 155–168.
- Belsky AJ, Carson WP, Jensen CL, Fox GA. 1993. Overcompensation by plants: Herbivore optimization or red herring? *Evolutionary Ecology*, 7(1), 109-121.
- Bidegain M, Crisci C, del Puerto L, Inda H, Mazzeo N, Taks J, Terra R. 2013. *Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay*. Montevideo, FAO-MGAP. TCP URU/3302, pp 128.
- Biggs R, Raudsepp-Hearne C, Atkinson-Palombo C, Bohensky E, Boyd E, Cundill G, Fox H, Ingram S, Kok K, Spehar S, Tengö M, Timmer D, Zurek M. 2007. Linking futures across scales: A dialog on multiscale scenarios. *Ecology and Society* 12(1).
- Blaikie P, Terry C, Ian D, Ben W. 1994. At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters. *Human Ecology* 24(1):141–145.
- Bodin Ö, Crona B, Ernstson H. 2017. Las redes sociales en la gestión de los recursos naturales: ¿ Qué hay que aprender de una perspectiva estructural ? *Revista Hispana para el analisis de redes sociales (REDES)* 28:1–8.
- Bodin Ö, Crona B, Thyresson M, Golz A, Tengö M. 2014. Conservation Success as a Function of Good Alignment of Social and Ecological Structures and Processes. *Conservation Biology* 28(5):1371–1379.
- Bodin Ö, Prell C. 2011. No Social networks and natural resource management.

- Cambridge, UK. Cambridge University Press, pp 390.
- Bodin Ö, Crona B. 2009. The role of social networks in natural resource governance: What relational patterns make a difference? *19*:366–374.
- Bonacich P. 1987. Power and Centrality: A Family of Measures. *American Journal of Sociology* 92(5):1170–1182.
- Borgatti S, Everett M, Johnson J. 2018. *Analyzing social networks*. Sage. pp384.
- Borgatti S, Halgin D. 2011. On Network Theory. *Organization Science* 22(5):1168–1181.
- Borgatti S, Jones C, Everett M. 1998. Network measures of social capital. *Connections* 21(2):27–36.
- Brady NC, Weil RR. 2002. *The nature and properties of soils*. Upper Saddle River, NJ. Prentice Hall. pp 960.
- Brooks N. 2003. Vulnerability ,risk and adaptation : A conceptual framework. Tyndall Centre for Climate Change Research. Working Paper, 38(38), 1-16.
- Burke IC, Yonker CM, Parton WJ, Cole CV, Flach K, Schimel DS. 1989. Texture, climate, and cultivation effects on soil organic matter content in US grassland soils. *Soil Science Society of America Journal* 53(3):800–805.
- Burnham KP, Anderson DR. 2004. Multimodel Inference\rUnderstanding AIC and BIC in Model Selection. *Sociological Methods & Research* 33(2):261–304.
- Burton R, Peoples S. 2008. Learning from past adaptations to extreme climatic events: A case study of drought. Ministry of Agriculture and Forestry. Report. AgResearch. New Zeland. pp27
- Campbell BM, Gordon IJ, Luckert MK, Petheram L, Vetter S. 2006. In search of optimal stocking regimes in semi-arid grazing lands: One size does not fit all. *Ecological Economics* 60(1):75–85.
- Cardona OD. 2003. The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Managment. En: Bankoff, G., Frerks, G., Hilhorst, D.(Eds.). *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*. London, Earthscan. 3:37-51.
- Carpenter S, Brock W. 2008. Adaptive capacity and traps. *Ecology and Society* 13(2).
- Carriquiry M. 2012. Cadena de carne vacuna. En: Vassallo M (Eds) *Dinámica y*

- competencia intrasectorial en el agro: Uruguay 2000-2010. Montevideo, Facultad de Agronomía, pp 35–51.
- Chapin FS, Carpenter SR, Kofinas GP, Folke C, Abel N, Clark W, Olsson P, Smith D, Walker B, Young O, Berkes F, Biggs R, Grove JM, Naylor RL, Pinkerton E, Steffen W, Swanson F. 2010. Ecosystem stewardship: sustainability strategies for a rapidly changing planet. *Trends in Ecology & Evolution*, 25:241–249.
- Chapin FS, Kofinas GP, Folke C. 2009. *Principles of ecosystem stewardship: Resilience-based natural resource management in a changing world*. New York. Springer. 407 pp.
- Clark-Labs. 2009. *The Land Change Modeler for ecological Sustainability*. Clark University. Worcester.
- Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of ecology* 18(1988):117–143.
- Crawley MJ. 2007. *The R Book*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Crona B, Bodin Ö. 2006. What You Know is Who You Know? Communication Patterns Among Resource Users as a Prerequisite for Co-management. *Ecology And Society* 11(2):7.
- Cros MJ, Duru M, Garcia F, Martin-Clouaire R. 2004. Simulating management strategies: The rotational grazing example. *Agricultural Systems* 80(1):23–42.
- Cruz G, Baethgen W, Bartaburu D, Bidegain M, Giménez A, Methol M, Morales H, Picasso V, Podestá G, Taddei R, Terra R, Tiscornia G, Vinocur M. 2018. Thirty Years of Multilevel Processes for Adaptation of Livestock Production to Droughts in Uruguay. *Weather, Climate, and Society* 10(1):59–74.
- Cruz G, Baethgen W, Picasso V, Terra R. 2014. Análisis de sequías agronómicas en dos regiones ganaderas de Uruguay. *Agrociencia Uruguay* 18(1):126–132.
- Cutter SL. 1996. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography* 20(4):529–539.
- Dai A. 2011. Drought under global warming: A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 2 (1):45–65.
- Díaz I, Achkar M, Mazzeo N. 2017. External Drivers and Internal Control Factors that Determine the Vulnerability and Response Capacity to Drought of Cattle Producers in the Sierras Del Este Region of Uruguay. *Journal of Agricultural*

Science 10(1):190–203.

- DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuaria). 2015. Anuario Estadístico Agropecuario 2015. Montevideo. DIEA-MGAP, pp215.
- Dieguez FJ, Terra R, Tabarez S, Bommel P, Corral J, Bartaburu D, Pereira M, Montes E, Duarte E, Morales Grosskopf H. 2014. Virtual experiments using a participatory model to explore interactions between climatic variability and management decisions in extensive grazing systems in the basaltic region of Uruguay. *Agricultural Systems* 130:89–104.
- Dogliotti S, García MC, Peluffo S, Dieste JP, Pedemonte AJ, Bacigalupe GF, Scarlato M, Alliaume F, Alvarez J, Chiappe M, Rossing WAH. 2014. Co-innovation of family farm systems: A systems approach to sustainable agriculture. *Agricultural Systems* 126:76-86.
- Downing T, Cohen S, Huq S, Moss R, Rahman A, Sokona Y, Stephen L. 2001. Vulnerability indices: Climate change impacts and adaptation. Nairobi, UNEP, 91pp.
- Downing T., Bakker K. 2000. Drought discourse and vulnerability. En: Wilhite DA (Eds) *Drought: A Global Assessment, Natural Hazards and Disaster*. Routledge Publishers, UK.
- Eakin H, Luers AL. 2006. Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems. *Annual Review of Environment and Resources*. 31:365-394.
- Easterling DR, Meehl GA, Parmesan C, Changnon SA, Karl TR, Mearns LO. 2000. Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts. *Science* 289(5487):2068–2074.
- Eastman J. 2009. *Idrisi Taiga, Guide to GIS and Image Processing*, manual version 16.02. Massachusetts: Clark University.
- Folke C. 2016. Resilience. *Ecology and Society* 21(4).
- Foran BD, Stafford Smith DM. 1991. Risk, biology and drought management strategies for cattle stations in central Australia. *Journal of Environmental Management* 33(1):17–33.
- Fox J, Weisberg S. 2011. *Companion to Applied Regression*, 2nd edn. Oaks.
- Freeman L. 2004. The development of social network analysis. A Study in the *Sociology of Science*. Vancouver, Empirical Press. pp 217.

- Freeman L. 1978. Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks* 1(3):215–239.
- Füssel H-M. 2010. Review and quantitative analysis of indices of climate change exposure, adaptive capacity, sensitivity, and impacts. *World Development Report*. pp 35.
- Füssel H. 2007. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change* 17(2):155–167.
- Füssel H, Klein R. 2006. Climate change Vulnerability Assessment: An Evolution of Conceptual Thinking. *Climate Change* 75(3):301–329.
- Gallopín G. 2006. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change* 16(3):293–303.
- Gazzano I, Altieri M, Achkar M, Burgueño J. 2015. Holistic Risk Index: A Case Study of Cattle Producers in the Protected Area of Farrapos Estuaries-Uruguay. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 39(2):209–223.
- Gbetibouo GA, Ringler C. 2009. Mapping South African Farming Sector Vulnerability to Climate Change and Variability: A Subnational Assessment. *Amsterdam Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change 'Earth System Governance: People, Places and the Planet' (December):1–27.*
- Gephi. 2008. *Gephi Graph Visualization and Manipulation*.
- Gibson CC, Ostrom E, Ahn TK. 2000. The concept of scale and the human dimensions of global change: A survey. *Ecological Economics* 32(2):217–239.
- Gillard P, Monypenny R. 1990. A decision support model to evaluate the effects of drought and stocking rate on beef cattle properties in Northern Australia. *Agricultural Systems* 34(1):37–52.
- Gliessman SR. 2000. *Agroecosystem sustainability: developing practical strategies*. Florida. CRC Press. pp 224.
- Golluscio RA, Deregibus VA, Paruelo J. 1998. Sustainability and range management in the Patagonian steppes. *Ecologia Austral* 8(2):265–284.
- Gómez R, Saravia H. 2016. Tecnología en sistemas ganaderos criadores de Sierras del Este: oferta disponible y toma de decisiones tecnológicas en el predio. *Agrociencia Uruguay* 20(1):113–122.

- González Tánago I, Urquijo J, Blauhut V, Villarroya F, De Stefano L. 2016. Learning from experience: a systematic review of assessments of vulnerability to drought. *Natural Hazards* 80(2):951–973.
- Guido A, Varela R, Baldassini P, Paruelo J. 2014. Spatial and Temporal Variability in Aboveground Net Primary Production of Uruguayan Grasslands. *Rangeland Ecology & Management* 67(1):30–38.
- Guisan A, Edwards T, Hastie T. 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling* 157(2–3):89–100.
- Gunderson L, Holling CS. 2002. *Panarchy Synopsis: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Washington D.C: Island Press. pp450.
- Hahn MB, Riederer AM, Foster SO. 2009. The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change-A case study in Mozambique. *Global Environmental Change* 19(1):74–88.
- Hastie TJ, Tibshirani R. 1990. *Generalized additive models*. Chapman and Hall/CRC.
- Henry AD, Vollan B. 2014. Networks and the Challenge of Sustainable Development. *Annual Review of Environment and Resources* 39(1):583–610.
- Hilbert DW, Swift DM, Detling JK, Dyer MI. 1981. Relative growth rates and the grazing optimization hypothesis. *Oecologia* 51(1):14–18.
- Hirsch RM, Slack JR, Smith RA. 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research* 18(1):107–121.
- Holling CS. 1992. Cross-scale morphology, geometry, and dynamics of ecosystems. *Ecological Monographs* 62(4):447–502.
- Ibrahim YZ, Balzter H, Kaduk J, Tucker CJ. 2015. Land degradation assessment using residual trend analysis of GIMMS NDVI3g, soil moisture and rainfall in Sub-Saharan West Africa from 1982 to 2012. *Remote Sensing* 7(5):5471–5494.
- INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2016. Banco de datos agroclimáticos. Consultado 10 de abril de 2016. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>.
- INIA. 2012. Revisión y análisis de las bases históricas y científicas del uso de la equivalencia ovino: bovino. Montevideo. pp 22.

- INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología). 2015. Precipitaciones acumuladas mensuales y temperaturas mensuales medias. Montevideo.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007 - The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Science (October 2009):1009.
- Isaac M, Erickson B, Quashie-Sam S., Timmer V. 2007. Transfer of knowledge on agroforestry management practices: The structure of farmer advice networks. Ecology and Society 12(2).
- Islam R, Walkerden G. 2014. How bonding and bridging networks contribute to disaster resilience and recovery on the Bangladeshi coast. International Journal of Disaster Risk Reduction 10:281-291.
- Jacob R. 1984. Los principales modelos históricos. En: La cuestión agraria en Uruguay. Fundación de cultura Universitaria., Montevideo, pp 7–23.
- Jobbagy E, Sala OE, Paruelo J. 2002. Patterns and control of primary production in the Patagonian steppe: a remote sensing approach. Ecology 83(2):307–319.
- Johnston P, Mckee G, Buxton R, Cobon D, Day K, Hall W, Scanlan J. 2000. Managing climatic variability in Queensland's grazing lands—new approaches. En: Applications of Seasonal Climate Forecasting in Agricultural and Natural Ecosystems. Springer Netherlands, pp 197–226.
- Jones RJ, Sandland RL. 1974. The relation between animal gain and stocking rate Derivation of the relation from the results of grazing trials. The Journal of Agricultural Science. 83(2):335-342.
- Knutson CL, Hayes MJ, Philipps T, Phillips T. 1998. How to Reduce Drought Risk. Western Drought Coordination Council. Preparedness and Mitigation Working Group. Technical Report. Lincoln, Nebraska. 43pp.
- Lauenroth WK. 1979. Grassland primary production: North American grasslands in perspective. En: French NR (Eds) Perspectives in grassland ecology Ecological studies. Springer-Verlag, New York, pp 21.
- Leichenko RM, O'Brien KL. 2002. The dynamics of rural vulnerability to global change: The case of southern Africa. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 7(1):1–18.
- Lezama F, Altosor A, León R, Paruelo J. 2006. Heterogeneidad de la vegetación en

pastizales naturales de la región basáltica de Uruguay. *Ecologia Austral* 16(2):167–182.

- Lindemann T, Plata V, Oyhançabal W, Sancho D. 2013. La percepción de productores y técnicos agropecuarios. *Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación para Uruguay*. En: *Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay*. Montevideo, MGAP FAO, pp 95.
- Liu J, Dietz T, Carpenter SR, Alberti M, Folke C, Moran E, Pell AN, Deadman P. 2007. Complexity of Coupled Human and Natural Systems + SupMat. *Science* 317(5844):1513–1516.
- Luers AL. 2005. The surface of vulnerability: an analytical framework for examining environmental change. *Global Environmental Change* 15:214–223.
- Luers AL, Lobell DB, Sklar LS, Addams CL, Matson PA. 2003. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change* 13(4):255–267.
- Luo G, Han Q, Zhou D, Li L, Chen X, Li Y, Hu Y, Li BL. 2012. Moderate grazing can promote aboveground primary production of grassland under water stress. *Ecological Complexity* 11:126–136.
- Lyle HF, Smith EA. 2014. The reputational and social network benefits of prosociality in an Andean community. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 111 (13) 4820-4825.
- Marshall N, Stokes CJ. 2014. Identifying thresholds and barriers to adaptation through measuring climate sensitivity and capacity to change in an Australian primary industry. *Climatic Change* 126(3–4):399–411.
- Marshall N, Smajgl A. 2013. Understanding Variability in Adaptive Capacity on Rangelands. *Rangeland Ecology & Management* 66(1):88–94.
- Maschinski J, Whitham TG. 1989. The Continuum of Plant Responses to Herbivory: The Influence of Plant Association, Nutrient Availability, and Timing. *The American Naturalist*.
- McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White K. 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.

- McCullagh P, Nelder JA, McCullagh. 1989. Generalized Linear Models. Chapman and Hall. pp532
- McKee TB, Doesken NJ, Kleist J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. AMS 8th Conference on Applied Climatology :179-184.
- McKeon GM, Stone GS, Syktus JI, Carter JO, Flood NR, Ahrens DG, Bruget DN, Chilcott CR, Cobon DH, Cowley RA, Crimp SJ, Fraser GW, Howden SM, Johnston PW, Ryan JG, Stokes CJ, Day KA. 2009. Climate change impacts on northern Australian rangeland livestock carrying capacity: A review of issues. Rangeland Journal 31(1):1–29.
- McLeod A. 2012. Kendall: Kendall rank correlation and Mann-Kendall trend test.
- McNaughton S, Oesterheld M, Frank D, Williams J. 1989. Ecosystemlevel patterns of primary productivity and herbivory in terrestrial habitats. Nature 341:142-144.
- McNaughton S. 1979. Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationships in the Serengeti. The American Naturalist 113(5):691–703.
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). 2012. Proyecto de Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático (DACC). MGAP-BM C.P-8099-UY. Montevideo. MGAP.
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). 1994. Unidades de suelos Coneat. Montevideo. MGAP. pp 182.
- Milchunas DG, Lauenroth WK. 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. Ecological Monographs 63(4):327–366.
- Monteith JL. 1972. Solar Radiation and Productivity in Tropical Ecosystems. The Journal of Applied Ecology 9(3):747–766.
- Moore M, Westley F. 2011. Surmountable chasms: Networks and social innovation for resilient systems. Ecology and Society 16(1).
- Moser SC, Ekstrom JA. 2010. A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. Proceedings of the National Academy of Sciences 107(51):22026–22031.
- Mosnier C, Agabriel J, Lherm M, Reynaud A. 2009. A dynamic bio-economic model to simulate optimal adjustments of suckler cow farm management to production

- and market shocks in France. *Agricultural Systems* 102(1–3):77–88.
- Mott GO. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. En: Skidmore C, Boyle P, Raymond L (Eds) *Proceedings 8th International Grassland Congress*, Reading, UK, Alden Pres. Oxford, pp 606–611.
- NASA-ASTER. 2006. *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*.
- Nienaber JA, Hahn GL. 2007. Livestock production system management responses to thermal challenges. *International Journal of Biometeorology* 52(2):149–157.
- Noy-Meir I. 1973. Desert Ecosystems: Environment and Producers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:25–51.
- Nygren A, Myatt-Hirvonen O. 2009. “Life here is just scraping by”: Livelihood strategies and social networks among peasant households in Honduras. *Journal of Peasant Studies*.
- O’Brien K, Eriksen S, Nygaard LP, Schjolden A. 2007. Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Climate Policy*. 7(1):73–88.
- O’Brien K, Leichenko R, Kelkar U, Venema H, Aandahl G, Tompkins H, Javed A, Bhadwal S, Barg S, Nygaard L, West J. 2004. Mapping vulnerability to multiple stressors: Climate change and globalization in India. *Global Environmental Change* 14(4):303–313.
- O’Neill B, Pulver S, Vandever S, Garb Y. 2008. Where next with global environmental scenarios? *Environmental Research Letters* 3(4):045012.
- O’Reagain P, Scanlan J, Hunt L, Cowley R, Walsh D. 2014. Sustainable grazing management for temporal and spatial variability in north Australian rangelands - A synthesis of the latest evidence and recommendations. *Rangeland Journal* 36(3):223–232.
- Oesterheld M, Loreti J, Semmartin M, Paruelo J. 1999. Grazing, fire, and climate effects on primary productivity of grasslands and savannas. En: L Walker (Eds) *Ecosystems of disturbed ground*. Amsterdam. Elsevier, pp 287–306.
- Oesterheld M, Di Bella CM, Kerdiles H. 1998. Relation between NOAA-AVHRR satellite data and stocking rate of rangelands. *Ecological Applications* 8(1):207–212.
- Oh H, Chung MHO, Labianca G. 2004. Group social capital and group effectiveness:

- The role of informal socializing ties. *Academy of Management Journal*. 47(6): 860-875.
- OPYPA (Oficina de Programación y Política Agropecuaria). 2016. Análisis sectorial y cadenas productivas. Temas de política. Montevideo. MGAP. 22pp.
- OPYPA (Oficina de Programación y Política Agropecuaria). 2009. Comportamiento del sector carne vacuna en 2009 y perspectivas en 2010. Montevideo. MGAP. 23pp.
- Orchard S, Stringer L, Quinn C. 2015. Impacts of aquaculture on social networks in the mangrove systems of northern Vietnam. *Ocean and Coastal Management* 114:1–10.
- Osty PL. 1978. L'exploitation agricole vue comme un système. Diffusion de l'innovation et contribution au développement. *Bulletin technique d'information* 326:43–49.
- Oyarzabal M, Oesterheld M, Grigera G. 2011. ¿Cómo estimar la eficiencia en el uso de la radiación mediante sensores remotos y cosechas de biomasa? Un ejemplo local. En: Altesor A, Ayala W, Paruelo J (Eds) Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales. Montevideo, INIA. FPTA 26, pp 121–135.
- Paegelow M, Camacho Olmedo MT. 2008. Modelling environmental dynamics. *Advances in geomatics solutions*. Springer-Verlag, Berlin.
- Pandey R. 2010. Heterogeneity in Household Characteristics, Forest Resource Utilization and Sustainability in Hills of Uttaranchal: A Case Study. *Silva Lusitana* 18(1):75–84.
- Paparamborda I. 2017. ¿Qué nos dicen las prácticas de gestión del pastoreo en los predios ganaderos familiares sobre su funcionamiento y resultado productivo? Tesis de Maestría, Facultad de Agronomía-UdelaR. pp133.
- Paruelo J, Pineiro G, Baldi G, Baeza S, Lezama F, Altesor A, Oesterheld M. 2010. Carbon Stocks and Fluxes in Rangelands of the Río de la Plata Basin. *Rangeland Ecology & Management* 63(April 2009):94–108.
- Paruelo J, Garbulsky M, Guerschman J, Jobbágy E. 2004. Two decades of Normalized Difference Vegetation Index changes in South America: identifying the imprint of global change. *International Journal of Remote Sensing* 25(14):2793–2806.

- Paruelo J, Epstein HE, Lauenroth WK, Burke IC. 1997. ANPP estimates from NDVI for the central grassland region of the United States. *Ecology* 78(3):953–958.
- Pereira G. 2003. La ganadería en Uruguay, contribución a su conocimiento. Montevideo. DIEA-MGAP, pp 87.
- Peters DP, Pielke RA, Bestelmeyer BT, Allen CD, Munson-McGee S, Havstad KM. 2004. Cross-scale interactions, nonlinearities, and forecasting catastrophic events. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101(42):15130-15135.
- Peterson GD, Cumming GS, Carpenter SR. 2003. Scenario planning: A tool for conservation in an uncertain world. *Conservation Biology* 17(2):358–366.
- Prince SD. 1991. Satellite remote sensing of primary production: comparison of results for Sahelian grasslands 1981-1988. *International Journal of Remote Sensing* 12(6):1301–1311.
- R-Team. 2017. R Development Core Team. 2017. R versión 2.12.2.
- Rashed T, Weeks J. 2003. Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. *International Journal of Geographical Information Science* 17(6):547–576.
- Reagans R, McEvily B. 2003. Network Structure and Knowledge Transfer: The Effects of Cohesion and Range. *Administrative Science Quarterly*. 48(2):240-267.
- Rockenbach T, Sakdapolrak P. 2017. Social networks and the resilience of rural communities in the Global South: A critical review and conceptual reflections. *Ecology and Society* 22(1).
- Ruppert JC, Holm A, Miede S, Muldavin E, Snyman HA, Wesche K, Linstädter A. 2012. Meta-analysis of ANPP and rain-use efficiency confirms indicative value for degradation and supports non-linear response along precipitation gradients in drylands. *Journal of Vegetation Science* 23(6):1035–1050.
- Sala OE, Austin AT. 2000. Methods of estimating aboveground net primary productivity. En: *Methods in Ecosystem Science*. pp 31–43.
- Sala OE, Parton WJ, Joyce LA, Lauenroth WK. 1988. Primary production of the central grassland region of the United States. *Ecology*. 69(1), 40-45.
- Saravia H, Gómez Miller R. 2013. Cambio técnico en sistemas ganaderos criadores

- de sierras del este. Montevideo. Serie Técnica N°207. INIA.
- Scarlato S, Aguerre V, Bortagaray I, Scarlato M, Ruggia A. 2014. Co-innovation in family livestock systems in Eastern Uruguay. II: Methodological approach at farm scale level. Congresso da sociedade brasileira de sistemas de produção. Foz do Iguaçu. pp 453–460.
- Scheffer M, Carpenter S, Lenton T, Bascompte J, Brock W, Dakos V, Van De Koppel J, Van De Leemput I, Levin S, Van Nes E, Pascual M, Vandermeer J. 2012. Anticipating critical transitions. 338:344–348.
- Schwartz P. 1996. Appendix: Steps to developing scenarios. En: The Art of the Long View Planning for the Future in an Uncertain World. pp 241–248.
- Sellers PJ, Berry JA, Collatz GJ, Field CB, Hall FG. 1992. Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration. III. A reanalysis using improved leaf models and a new canopy integration scheme. Remote Sensing of Environment 42(3):187–216.
- Sganga F, Cabrera P, Gonzalez M. 2013. Estado de situación del Registro de Productores Familiares como herramienta para la aplicación de políticas públicas para el desarrollo rural. En: Anuario OPYPA 2013. Montevideo.
- Soares MB, Gagnon AS, Doherty RM. 2012. Conceptual elements of climate change vulnerability assessments: a review. International Journal of Climate Change Strategies and Management. 4(1):6-35.
- Soca PM, Claramunt M, Do Carmo M, Perez- Clariget R, Astessiano A, Scarlato S, Espasandín A, Carriquiry M. 2013a. Fundamentos del modelo de investigación para mejorar el resultado productivo, económico y la sostenibilidad de la cría vacuna en pastoreo de campo natural. En: Soca P, Espasandín A, Carriquiry M. (Eds). Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural, FPTA-N48. INIA.
- Soca PM, Espasandín AC, Carriquiry M. 2013b. Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural. Montevideo, Uruguay. Montevideo.
- Soca PM, Cabrera MR, Bruni M. 2007a. Nivel de suplementación, ganancia de peso vivo y conducta de vacunos en crecimiento bajo pastoreo de campo natural.

- Agrociencia 9(1):1–10.
- Soca PM, Do Carmo M, Claramunt M. 2007b. Sistemas de cría vacuna en ganadería pastoril sobre campo nativo sin subsidios: propuesta tecnológica para estabilizar la producción de terneros con intervenciones de bajo costo y de fácil implementación. *Revista Ciencia Animal* 3:3–22.
- Soriano A. 1991. Río de la Plata Grasslands. En: Coupland RT (Eds) *Natural grasslands: Introduction and Western Hemisphere*. Elsevier, Amsterdam, pp 367–407.
- Stokes C, Howden M. 2010. *Adapting agriculture to climate change: preparing Australian agriculture, forestry and fisheries for the future*. CSIRO publishing.
- Sullivan CA. 2011. Quantifying water vulnerability: A multi-dimensional approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 25(4):627–640.
- Thomas RJ. 2008. Opportunities to reduce the vulnerability of dryland farmers in Central and West Asia and North Africa to climate change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 126(1–2):36–45.
- Tomich TP, Brodt S, Ferris H, Galt R, Horwath WR, Kebreab E, Leveau JHJ, Liptzin D, Lubell M, Merel P, Michelmore R, Rosenstock T, Scow K, Six J, Williams N, Yang L. 2011. Agroecology: A Review from a Global-Change Perspective. *Annual Review of Environment and Resources*. 36, 193-222.
- Tommasino H. 2010. 15 años de cambios en el agro uruguayo: impacto en la ganadería vacuna. En: *Anuario OPYPA 2010*. Montevideo, pp 365–381.
- Tommasino H, Bruno Y. 2005. Algunos elementos para la definición de productores familiares, medios y grandes. En: *Anuario OPYPA 2005*. Montevideo, pp 267-278.
- Tompkins EL, Adger WN. 2004. Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change? *Ecology and Society* 9(2):10.
- Tschakert P, Dietrich KA. 2010. Anticipatory learning for climate change adaptation and resilience. *Ecology and Society* 15(2):11.
- Tucker CJ, Sellers PJ. 1986. Satellite remote sensing of primary production. *International Journal of Remote Sensing* 7(11):1395–1416.
- Usai MG, Casu S, Molle G, Decandia M, Ligios S, Carta A. 2006. Using cluster analysis to characterize the goat farming system in Sardinia. *Livestock Science*

104(1–2):63–76.

- Vicente-Serrano SM, Beguería S, Lorenzo-Lacruz J, Camarero J, López-Moreno J, Azorin-Molina C, Revuelto J, Morán-Tejeda E, Sanchez-Lorenzo A. 2012. Performance of drought indices for ecological, agricultural, and hydrological applications. *Earth Interactions* 16(10).
- Walker WE, Haasnoot M, Kwakkel JH. 2013. Adapt or perish: A review of planning approaches for adaptation under deep uncertainty. *Sustainability (Switzerland)* 5(3):955–979.
- Wasserman S, Faust K. 1994. *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge University Press 1:116.
- Weimann G. 1982. On the Importance of Marginality: One More Step into the Two-Step Flow of Communication. *American Sociological Review*. 764-773.
- Wesche SD, Armitage DR. 2014. Using qualitative scenarios to understand regional environmental change in the Canadian North. *Regional Environmental Change* 14(3):1095–1108.
- Westley F, Zimmerman B, Patton M. 2006. *Getting to maybe. Getting to maybe: How the world has changed*. Random House Canada, Ontario, Canada.
- Westmacott JR, Burn DH. 1997. Climate change effects on the hydrologic regime within the Churchill-Nelson River Basin. *Journal of Hydrology*. 202(1-4):263-279.
- Wilhelmi O, Wilhite D. 2002. Assessing vulnerability to agricultural drought: A Nebraska case study. *Natural Hazards* 25(1):37–58.
- Wilhite D, Sivakumar M, Pulwarty R. 2014. Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy. *Weather and Climate Extremes* 3:4–13.
- Wood SN. 2004. Stable and efficient multiple smoothing parameter estimation for generalized additive models. *Journal of the American Statistical Association* 99:673–686.
- Zarafshani K, Sharafi L, Azadi H, Hosseininia G, De Maeyer P, Witlox F. 2012. Drought vulnerability assessment: The case of wheat farmers in Western Iran. *Global and Planetary Change* 98–99(July 2016):122–130.
- Zhao M, Running SW. 2010. Drought-Induced Reduction in Global Terrestrial Net

Primary Production from 2000 Through 2009. *Science* 329(5994):940–943.

8 **ANEXOS**

8.1. **EXTERNAL DRIVERS AND INTERNAL CONTROL FACTORS THAT DETERMINE THE VULNERABILITY AND RESPONSE CAPACITY TO DROUGHT OF CATTLE PRODUCERS IN THE SIERRAS DEL ESTE REGION OF URUGUAY**

Journal of Agricultural Science, Vol. 10, No. 1; 2018
ISSN 1916-9752 E-ISSN 1916-9760
Published by Canadian Center of Science and Education

External Drivers and Internal Control Factors that Determine the Vulnerability and Response Capacity to Drought of Cattle Producers in the Sierras Del Este Region of Uruguay

Ismael Diaz¹, Marcel Achkar¹ & Nestor Mazzeo²

¹ Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay

² Departamento de Ecología y Evolución, Centro Universitario Regional Este, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay

Correspondence: Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay. E-mail: idadiaz@fcien.edu.uy

Received: October 23, 2017
doi:10.5539/jas.v10n1p190

Accepted: November 24, 2017

Online Published: December 15, 2017

URL: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n1p190>

Abstract

Increased response and adaptation capacity are key elements for coping with climate threats. Cattle producers in the Sierras del Este region are one of several groups that are the most vulnerable to climate variability in Uruguay. Despite this commonality, it is a heterogeneous system, which suggests that strategies to respond to these events are divergent. The objective of this work is to identify and evaluate the vulnerability of cattle producers to drought and determine drought response strategies. A new approach is proposed and focuses on the identification of differential capacities to address the vulnerabilities. In addition, this approach seeks to define groups of similar producers of vulnerability since the design of public policies cannot be developed in isolation. For evaluation, we provided consultations with livestock producers and specialists from which we collected our data. Data was analysed using multivariate statistical analyses. Our results indicated that 69% of the system's vulnerability variance can be explained by 4 components: the capacity for cattle management, the socio-economic capacity to handle drought, the capacity to generate alternatives to cattle feeding, and the commercial and financial flexibility of the producers. These findings also yielded response groups that, in turn, identified 7 producer groups with significant differences in the available and necessary capacities to respond to drought. This methodological strategy allowed the operationalization of the vulnerability and responsiveness concepts, and the identification of strategies for these events. Additionally, this strategy creates an understanding of the complexity of the system and the variables that contribute to it.

Keywords: drought, vulnerability, response capacity, climate variability, rangelands, livestock

1. Introduction

Rio de la Plata's grasslands represent one of the largest areas of sub-humid natural grasslands in the world (700,000 km²), distributed over a portion of territories in Argentina, Brazil, and Uruguay (Soriano, 1991). A sub-humid mild climate, with highly fertile soils and gentle slopes, has made it possible for an extensive cattle industry to be one of the most important economic activities of the region since the 18th century.

In Uruguay, an extensive cattle industry is one of the principal agricultural activities, considering its size (more than 75% of the country's agricultural surface), number of producers and agricultural establishments (more than 80% of the country's total) (DIEA, 2011), and share in exports (more than 29% of the total exports) (DIEA, 2016). Even though the Uruguayan climate is mild and humid, the most important meteorological threat is the occurrence of agronomic droughts (Cruz et al., 2014). The economic losses of the last droughts that occurred in 2006, 2008, 2009, and 2015 exceeded hundreds of millions of dollars (OPYPA, 2009, 2016).

Family producers of cattle perform their activity only in natural grasslands and are particularly vulnerable to drought events due to their land tenure system, the surface they manage, their characteristics, and their production strategies, such as grazing in natural grassland, the absence of irrigation systems, low forage and fodder production and limited access to alimentary complements.

For the implementation of more efficient policies, Uruguay's agricultural institutions have determined two priority regions according to their high vulnerability to climate change and variability. These two regions have been defined by some priority, livestock producers and a set of geophysical attributes: soil types and surface slopes. The delimitation of the two regions is due to a partial definition of vulnerability and is elaborated from few variables. In addition, this definition made vulnerability difficult to assess within the current vulnerability assessment frameworks.

1.1 Vulnerability Assessment

Vulnerability studies are the logical starting point for decision makers wishing to develop plans to reduce drought vulnerability and generate response strategies (Moser & Ekstrom, 2010). Vulnerability studies have been approached from various disciplinary fields (*e.g.*, geography, ecology, climatic sciences), and in the last decade, they have been transformed into an emergent concept for climate sciences, increasing their theoretical development (Cardona, 2003; Füssel & Klein, 2006). The theoretical framework and the definition adopted by The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (McCarthy et al., 2001) have had important repercussions on the international scientific community and its definitions have been largely accepted. The IPCC defines vulnerability as "The degree to which a system is susceptible to, or unable to cope with, adverse effects of climate change, including climate variability and extremes. Vulnerability is a function of the character, magnitude, and rate of climate variation to which a system is exposed, its sensitivity and its adaptive capacity". The fundamental attributes of this definition are: exposure: "The nature and degree to which a system is exposed to significant climatic variations"; sensitivity: "the degree to which a system is affected, either adversely or beneficially, by climate-related stimuli"; and adaptive capacity: "the ability of a system to adjust to climate change to moderate potential damages, to take advantage of opportunities, or to cope with the consequences" (McCarthy et al., 2001). For that matter exposure is considered as a system driver while sensitivity and adaptive capacity as internal attributes (Füssel & Klein, 2006).

The diversity of epistemological approaches and disciplines involved has determined different approaches for the evaluation of vulnerability (Luers, 2005; Füssel 2007; Gallopin, 2006; Soares et al., 2012). The general trend in vulnerability assessments has been a transition away from the identification of potential impacts and is now oriented towards the implementation of mitigation measures for defining and prioritizing the location of resources for the execution of adaptation strategies (Füssel & Klein, 2006). In addition, there have been increases in the scale of the analysis, the consideration of non-climatic factors, multidisciplinary approaches, and the promotion of a larger involvement from beneficiaries in the evaluation process.

Currently, most evaluations focus on the definition made by Mc Carthy et al. (2001), and deepened by Chapin et al. (2009). These frameworks have been considered in numerous quantitative vulnerability assessments produced for diverse systems, such as the generation of the vulnerability indexes (*i.e.*: Adger, 2006; Füssel & Klein, 2006; Hahn et al., 2009; Sullivan, 2011; Aryal et al., 2014). Quantitative approaches have been the most common as they enable an easier interpretation and provide clarification regarding the contribution of socioeconomic and biophysical factors. Additionally, quantitative approaches are useful for monitoring and studying trends and are applicable to diverse spatial and temporal scales (Gbetibouo & Ringler, 2009). Moreover, it allows for the analysis of the spatial and temporal variability of variables that make up the defined model and the groups and areas with high vulnerability values (Pandey, 2010).

In general, vulnerability assessments have enabled adaptation plans that do not consider the diversity of social situations within a region (Andersen et al., 2007). Grouping is a very useful way of representing diversity and an opportunity to design policies for the full range of producers (Marshall & Smajgl, 2013; Marshall et al., 2014).

1.2 Drought Vulnerability Assessment

In the last decade, the understanding of the drought phenomena and its evaluation has become more complex as the drought phenomenon constitutes a multidimensional problem that exceeds the climate dimension and is conditioned by numerous controls involving physical, social, productive, and economic attributes (Blaikie et al., 1994). In addition, the impact of droughts in different productive areas and population groups is differential and spatially complex, according to biophysical, social, and productive differences in each area (Downing & Bakker, 2000; Wilhelmi & Wilhite, 2002).

Worldwide, the most common approaches for assessment resort to integration and aggregation of variables for the conformation of sub-indices, which are subsequently added to a general vulnerability index. The integration of variables has oscillated between the consideration of equal weight in the variables, the weighting by academic experts or the local population, and the use of multivariate statistical methods (Wilhelmi & Wilhite, 2002; Pandey, 2010; Zarafshani et al., 2012; Antwi-Agyei et al., 2012).

Through these methodologies, areas have been identified with larger relative vulnerabilities and variables with higher incidence. This information has been useful for defining the principal orientation of adaptation measures on a large scale. However, these approaches cannot obtain the level of detail required to identify, on a local scale, the behaviour of each variable of each group and each place in particular, principally in relatively homogeneous areas and with relatively homogeneous cattle producers (O'Brien et al., 2004; Antwi-Agyei et al., 2012). This emphasizes the need for multiscale analysis and a move towards large-scale analysis.

Thus, the assessment of the incidence of each variable requires a more detailed approach, allowing the identification of differences within a relatively homogeneous context. This situation is particularly relevant in the assessment of the family farmers' vulnerability to drought in the eastern region of Uruguay, and the following questions arise: what socio-ecological factors and attributes determine the vulnerability of family farmers to drought? How are the factors and attributes prioritized by producers grouped? Are they grouped by dimension or by the classic components of vulnerability? Using the producer identified factors and attributes, what is the evaluation of the state of the situation? What is the relationship between the factors and attributes prioritized and the state of situation? Is the target group an appropriate operational unit for current public policies and programs? As a result, the objective of this work was to identify and assess the variables that determine the cattle producers' vulnerability to drought and to determine the main response strategies.

2. Materials and Methods

2.1 Study Area

The study area is delimited by Barriga Negra and Polanco stream basins, presenting an approximate surface of 72600 ha. It is located in the region of Sierras del Este, Uruguay, between 33°50' and 34°11' south latitude and between 54°60' and 55°19' west longitude (Figure 1). Dominant soils are of medium fertility, slopes vary from moderate (5%) to strong (more than 15%) and natural grasslands are the ecosystem with the greater surface.

In this area are located approximately 100 producers who develop livestock activity mostly on natural grasslands. The medium extent of the properties is 150 ha, registering producers with less than 20 ha and producers with more than 1300 ha. The majority of the producers develop a mixed cattle industry (bovine and ovine), more than 30% of the producers do not reside in cattle fields permanently and a considerable number of producers carry out other economic activities besides cattle industry, principally as employees in different agricultural establishments. The principal demographic characteristics of producers are: an average age superior to 50 years, a middle socioeconomic level and a high index of males.

Surface destined for the cattle industry has decreased in the last decades due to the advance of exotic forest. This advance has been promoted by the implementation of agricultural policies that stimulated the growth of large monocultures (principally exotic forest and oleaginous), which has consolidated a crucial process of agricultural intensification in Uruguay. Even though 70% of the area under study is located in a priority forest area defined in Uruguayan legislation, more than 73% of the area is destined to extensive cattle industry.

Sierras del Este region has been identified at government level as one of the most vulnerable to drought zones because of its physical characteristics (slopes and soils) and productive (smallholders) (MGAP, 2012). Over the last decade an important set of public policies has benefited several cattle producers in the area. Among those that stand out are "Plan Ganadero", "Proyecto de Producción Responsable", "Plan de Apoyo a la Cría Vacuna", "Plan Ovino and Plan de Producción Familiar", through DGDR-MGAP.

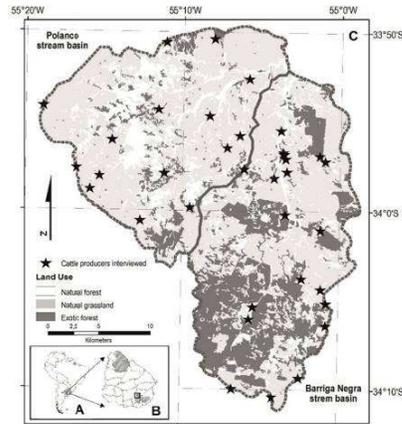


Figure 1. Study area. A. Pampas Biome. B. Zone of high vulnerability to climate change in Uruguay for cattle family producers sector. C. Dominant land cover and localization of interviewed producers

2.2 Research Strategy

Our investigation is based on that the process of identifying actions and responses to threats is crucial for planning and management at various scales (local, regional and national). Vulnerability, exposure, and sensitivity are differential according to the zone and/or population group being examined, and thus the adaptation and response strategies must be different. Therefore, we proposed an evaluation of the totality of the variables that affect vulnerability and analysed the set of responses necessary to address the vulnerability, at local and regional scale. This proposed approach focused on the identification of the differential capacities necessary to confront vulnerability and not on a quantification of vulnerability.

Our strategy included the identification of the factors that determine vulnerability to drought, the assessment of their relevance, and the definition of groups of producers with similar assessments (Figure 2).

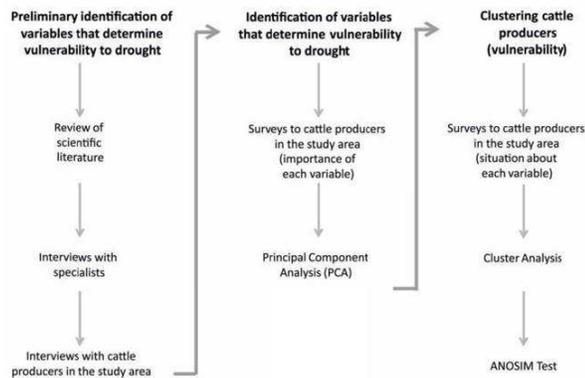


Figure 2. Investigation strategy scheme: stages/phases (bold font) and methods used

2.3 Data Collection Methods

Through the revision of the scientific bibliography, the data collection was identified as a set of external drivers and internal controls that had a potential impact on drought vulnerability. Forty-five variables were identified with associations with the biophysical, socio-economic, cultural, productive, and financial dimensions. These variables were associated with the livestock producers' vulnerability to drought in different climatic and geographic regions. This variable set was analysed by 10 local producers of the study area and 5 local specialists in agricultural sciences and geography. The final set of variables that were associated with an impact on vulnerability to drought for cattle producers in the region were reduced to 34.

The set of principal drivers to the system was represented by climatic variables (rainfall and evapotranspiration) and land-use. Due to the dimension of the study area and its physical characteristics (altimetry), it was possible to assume that there were no significant differences in biophysical exposure within the study area. On the other hand, the incidence of changes in soil use was expressed through the expansion of exotic forest on cattle lands, which generated a reduction of natural grassland surface and an increase in the cost of land. This pressure had been extended to the entire study area, determining that the increase in the price of land did not present significant differences in the basins analysed, and the differences in the difficulty of accessing new lands was not significant. The behaviour of this set of variables (exposure) was considered constant, and as a result, they were not included in the analysis.

The following stage included the survey of the 34 variables of each cattle producer, performed through semi-structured interviews. Initially, the cattle producers were consulted on the *importance* they assigned to each variable. Secondly, the *situation* in which each producer was related to regarding that variable was highlighted. Finally, the producers were consulted on the feasibility to take the necessary actions to address the variables identified. A valuation between 1 and 5 was chosen for each variable; 1 meaning less important (or a critical situation) and 5 meaning very important (or a very favourable situation). At this stage, 35 cattle producers were consulted, which represented more than 50% of the producers who carry out their productive activities and reside permanently in the study area.

As a result of this entire process, two 34×35 data matrices were generated. The first matrix refers to the importance of each variable (matrix of importance). The second matrix refers to the situation of each producer in regards to that variable (matrix of the situation).

2.4 Data Analysis

The data analysis stage integrated the multivariate exploratory methods and the multivariate hypothesis tests.

To identify the most relevant variables in the explanatory model of vulnerability to drought, multivariate exploratory techniques were utilized. These techniques have been widely used in various disciplinary fields and have been applied recently to vulnerability analysis (Abson et al., 2012) and risk (Gazzano et al., 2015). A similar approach to that used by Usai et al. (2006), and Marshall et al. (2014) was implemented, initially using principal component analysis (PCA) for the identification and grouping of variables and later using cluster analysis (CA) for the grouping of producers.

PCA is a powerful data exploration tool that allows converting a series of correlated variables into a minor set of uncorrelated variables that capture the variability of the data. The variable identification process was carried out using the matrix of importance. While selecting the components, it was taken as general criteria that each component had an Eigen value greater than 1 and a variance greater than 5%.

From the components and variables identified, CA was performed to continue the implementation of exploratory methods. In this case, the purpose was to determine groups of producers with dissimilarity in their situation regarding the variables that determine vulnerability to drought. Cluster methods allowed the identification of groups of individuals, where the homogeneity between groups and the difference with other groups is maximized. In this way, the grouping of producers was carried out according to the situation values (matrix of the situation), in variables identified by PCA for the importance matrix values. The cluster analysis process was based on the nearest centroid sorting method (Anderberg, 1973) used by Usai et al. (2006).

Subsequently, the ANOSIM test was performed to determine if the differences between the groups identified were statistically significant. The ANOSIM test is a non-parametric test that evaluates the significance of the difference between the values of two or more groups by measuring the distance of the values of their matrices of (dis)similarity (Clarke, 1993). As a method, the Euclidean Distance with the Bonferroni correction with 9999 iterations was used.

R software, version 2.12.2 (R-Team 2012) was used in the data analysis. In all statistical tests, a significance level of 0.05 was established.

3. Results

3.1 Variables and Attributes that Condition Vulnerability

The integration of the bibliographic review with the interviews of local specialists and cattle producers resulted in the identification of 34 variables with a potential impact on the vulnerability of producers to drought (Table 1).

Table 1. Preliminary list of variables that affect cattle producers' vulnerability to drought

Biophysical variables	natural grassland productivity, soils, availability of arable land to produce fodder, soil degradation, natural forest, slope, access to water
Economical variables	farm incomes, availability of other incomes, possibility to access to productive credits, availability of savings, establishment's size, tenure system, prices (buy/sale), dependence on livestock activity, commercial flexibility for purchase and sale of cattle, investments in the establishment
Socio-cultural variables	producer association, strong commercial links with nearby producers, experience in the activity, experience in drought, trust in neighbour producers, distrust in neighbour producers
Productive variables	livestock stocking level adjustment, access to supplements and rations, possibility of leasing land at critical times, herd management, feed ratio natural grassland/ration and fodder, fodder production, capacity to anticipate the severity of drought, access to technical assistance, capacity of savings for investing in the establishment, availability of aid in times of crisis, public policies access, sheep/bovine ratio

PCA allowed in the first instance to reduce the number of variables from 34 to 16. Several runs of PCA were performed and in each case those variables that determined low values in the KMO index and the Bartlett test did not contribute to an explanation of the observed variance and they were discarded.

Nineteen variables were excluded because these variables are correlated and/or interact by generating another variable of greater importance or visualization. In this study, the soil type variables, soil degradation, and surface slope, which are synthesized in the productivity variable of natural grassland, were highlighted as examples of excluded variables. Other excluded variables possibly responded to the homogeneity of the producers regarding that variable; for example, the experience in the activity, experience in droughts and the relation between the purchase and sale prices.

The first four components captured 69% of the system variance, composed of 16 variables (Table 2).

Table 2. Principal components for the importance of each variable in vulnerability to drought

Variables	PC1	PC2	PC3	PC4
livestock stocking level' adjustment	0.806	0.116	0.186	0.131
establishment's size	0.781	-0.103	0.128	0.082
access to technical assistance	0.715	0.385	0.036	0.088
herd management	0.668	0.111	0.246	0.012
natural grassland productivity	0.647	0.316	0.244	0.222
availability of other incomes	0.089	0.843	-0.100	-0.047
availability of savings for investing in the farm	0.264	0.734	0.148	0.083
public policies access	0.028	0.614	0.358	0.231
strong commercial links with nearby producers	-0.093	0.608	0.549	0.242
fodder production	0.239	0.144	0.874	-0.154
availability of land to produce fodder	0.365	-0.085	0.756	0.244
access to supplements and rations	0.103	0.438	0.489	0.280
possibility of leasing land at critical times	0.363	0.381	0.488	0.097
access to productive credits	0.327	-0.130	0.275	0.812
commercial flexibility for purchase/ sale of cattle	0.236	0.340	-0.104	0.784
lack of investment capacity in the farm	0.523	-0.246	-0.134	0.594
Proportion	35.427	15.626	9.289	8.669
Cumulative	35.427	50.053	59.342	68.011

The first component explained 35.4% of the variance and can be defined as the ability of producers to manage cattle activity. It was strongly correlated with the livestock stocking level adjustment, the dimensions of the establishment, the access to technical assistance, herd management, and natural grassland productivity.

The second component represents the socio-economical ability to cope with drought and explained 15.7% of the variance. The component was related to the availability of other incomes, the availability of savings for investing in the establishment, public policies access and the presentation of strong commercial links with nearby producers.

The third component, the capacity to generate/the ability to access alternatives sources of cattle feeding in critical times, explained 9.3% of the system variance. This component was defined by fodder production (without considering natural grassland), the availability of arable land to produce fodder, the access to supplements and rations, and the possibility of leasing land at critical times.

Finally, the fourth component referred to the capacity and financial flexibility of each producer and explained 8.7% of the variance. This component was related to the ability to access productive credits, commercial flexibility for the purchase and sale of cattle and the lack of investment capacity in the establishment.

3.2 Producer Groups

From the previously identified components, it was possible to group cattle producers into 7 groups (Figure 3) that represent significant differences according to their relations of dissimilarity ($rA = 0.91$; $p < 0.001$). Only the differences between group N°4 (the group with one producer) and the remaining groups were not significant.

Group N°1 of the producers was integrated by 10 producers, in which the first three components presented the lowest values. The fourth component of group N°1 barely exceeded the N°2 group of producers (Figure 4). Common features of these groups include that these were small producers with an almost exclusive management of natural grassland, with a limited ability to access to credit and help, and little financial margin for implementing alternatives.

Group N°2 included producers with low values in four of the components. When compared to the other producers, lower values were related to components 2 and 4 (Figure 4). This corresponded with cattle family producers who managed small sized farms, who could access public policies and had good commercial relations with their neighbours. These producers presented a low saving capacity and did not have non-farm incomes. They did not own significant surface for fodder production, but in critical times, they could implement the purchase of rations. They showed limited financial capacity and little flexibility to carry out commercial transactions in critical situations.

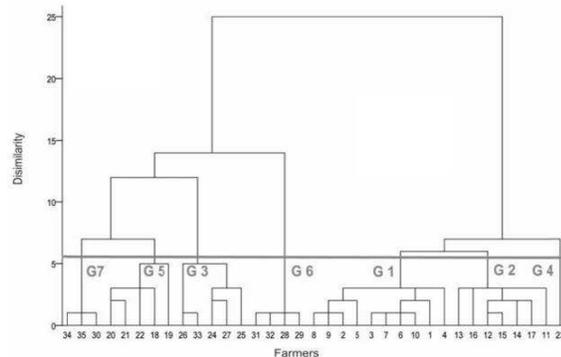


Figure 3. Dendrograms of the 35 cattle producers according to into the response capacity to drought

The producers in Group N°3 showed high values in components 1, 3 and 4 and medium values in component 2 (Figure 4). These producers managed medium and large farm sizes, with good herd management and an adjusted livestock stocking level, and had non-farm incomes or had strong links with their neighbours. In general, producers who had non-farm incomes managed larger areas and did not relate with neighbour producers, and vice versa. Due to these exclusive features, values in component 2 were medium. Producers in this group had good production or fodder purchase possibilities and had good financial capacity.

Group N°4 included only one producer. This producer was a non-conventional cattle producer who raised cattle as a complementary marginal activity, managed a small surface area and was an employee in the services sector.

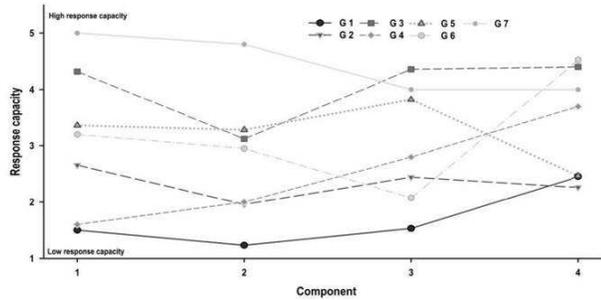


Figure 4. Medium values of each producer group according to the PCA

The N°5 group of producers presented medium to high values in the three first components and a low value in the last one (Figure 4). They were medium and large producers, with good herd management and high fodder production and had non-farm incomes or access to public policies. Additionally, these producers had a good relation with nearby producers and medium financial capacity. They showed very low commercial capacity, principally due to difficulties in releasing the cattle in hydric stress moments.

The producers in group N°6 showed medium values in components 1 and 2, low values in component 3, and very high values in component 4. This group included producers who managed a small size farm but had an adjusted livestock stocking level and constant technical assistance. For these producers, cattle raising was not their main activity, which implied lower dependence. Moreover, they had the possibility to access non-farm incomes, a larger investing capacity, and commercial flexibility. This group included producers with degrees in agrarian training and those who did not reside constantly on the property.

Finally, the producers in group N°7 showed very high values in components 1 and 2 and high values in components 3 and 4. This group was integrated by producers who managed a large sized farm, with an adjusted livestock stocking level, property and non-property incomes, and financial margin for the search of alternatives. In moments of hydric stress, these producers usually did not have problems accessing complements and rations. Additionally, due to their producing farm size, they presented large surfaces for fodder production.

It is worth noting those groups 1, 2 and 4 (51%) present values of response capacity well below those acceptable and that only groups 3 and 7 (25%) present values close to a high response capacity.

The hierarchization made by the producers on the importance of each variable in the explanation of vulnerability to drought was not associated with the state of their situation. As a result, the correlations in the variables importance and the state of their situation were not significant ($p > 0.05$).

4. Discussion

The proposed approach identified a group of variables that determined four components associated with response groups to minimize drought vulnerability. These response groups were defined by physical, economic-financial, productive, and socio-cultural variables, reinforcing the idea that drought and the vulnerability to drought are multidimensional complex processes (Wilhelmi & Wilhite, 2002; Blaikie et al., 1994). This set of variables

determined 4 components that were associated with groups of responses to reduce vulnerability to drought. According to the importance assigned by the producers, the groups were organized into the capacity for cattle management, the socio-economic capacity to handle drought, the capacity to generate alternatives to cattle feeding, and the commercial and financial flexibility of the producers. These groups did not have a direct correlation with the classic sensitivity and adaptive capacities or with the classical dimensions under which the variables of the socio-environmental systems are usually classified. The vast majority of producers identified that their state of affairs would prevent them from being able to appropriately respond to a drought. In addition, the producer's state of affairs was not associated with the ability to identify response capacities. Our results determined 7 groups of producers that had different characteristics. These differing characteristics were in regards to the state of the situation with respect to the groups of response necessary to face the drought. The heterogeneity identified among the producers suggested that the management unit for the implementation of public policies in Uruguay presented weaknesses.

The methodology used presented similarities with the approaches made by Marshall et al. (2014), and Usai et al. (2006). Unlike the first approach, in this work, the variables were not predetermined, and unlike both approaches, the identification of the variables was performed according to the importance assigned to each variable by the producers. In both cases, the information used referred to the state of the situation of the producers; information that was used in this work to identify groups of producers and to prioritize the capacities to be developed by each group of producers.

The first component corresponded to the capacity to manage cattle activity, central capacity of structural shape, and particularly to climatic non-favourable situations. In this component, the variable of livestock stocking level is highlighted. It is a determinant variable of the gross value of production (McKeon et al., 2009; O'Reagain et al., 2014), of sustainability and viability of livestock establishment (Foran & Stafford Smith, 1991; Johnston et al., 2000), and of the system's vulnerability (Dieguez Cameroni et al., 2014). This is strongly related to variables, herd management, and the production of the natural grassland, and therefore it presents a central role in component 1. The addition of this capacity is possible through the implementation of a series of technological changes of low relative costs that could be utilized by a large number of producers.

The second component, which establishes the socio-economic capacity to face drought, determined the strategies identified by the producers and referred to the factors and economic resources to appeal to during critical times. This capacity is essential in livestock systems because it refers to diversity and the possibility of alternative ways to face threats. This strategies group adjusts to the first block of variables identified by Chapin et al. (2009) about adaptive capacity because economic and cultural diversity provides the basis for adjusting to change. The first two variables highlight the importance of incomes to generate savings that may be invested on the property, and the importance of public policies owing to their contention role in times of crisis (McKeon et al., 2009). Additionally, and as stated by Chapin et al. (2010), due to their importance by innovation, incentives contribute to the economic and productive diversification and increase adaptability. The other two values refer to the linking and integration that producers present to, or between, agricultural organizations. Producers with higher levels of formal and/or informal integration generally have more access to information and exchange, more access to public policies, and potentially higher commercial links and benefits due to mutual cooperation between each other. In these response groups, the producers with the higher capacity would be better positioned to handle drought events.

The third component highlights food complementation alternatives, which are often used in extensive cattle systems. This component is very important as food demand frequently exceeds the supply during drought periods. Therefore, increasing the capacity to access livestock food sources is important for most agricultural establishments. In the first instance, in-property alternatives related to storage and production within the establishment stand out. In this meaning, Mosnier et al. (2009) propose that fodder storage is a mitigation decision of important relevance for producers. They also show the alternatives that imply market transactions are associated with the purchase of food. This alternative presents the risk associated with drought length and intensity (Gillard & Monypenny, 1990), which will determine increases in the volume of food to be bought.

The fourth component refers to financial and commercial flexibility. This component is of great importance in order to respond to external threats, particularly to drought events. This component is mainly highlighted as a frequent strategy strongly linked to cattle sale in drought periods to decrease land pressure. Gillard and Monypenny (1990) propose that a livestock sale (when pricing is fair) is the best commercial option, as the duration of drought events is unknown.

The identified components did not correlate directly with classic exposition, sensitivity, and adaptive capacity components, as defined by Chapin et al. (2009), and McCarthy et al. (2001). Nor did they correlate with the classical dimensions of the socio-ecological systems. In our study, the components may be interpreted as wider capacities that allow for the understanding and strengthening of the response capacities to drought events. In this approach, the response capacity was understood in a broader way than the response proposed by McCarthy et al. (2001), and Chapin et al. (2009) about adaptive capacity and integrated the totality of actions to be implemented (intensify or improve) to reduce the exposition or sensitivity or to increase the adaptation.

The identified components were consistent with the actual extensive cattle industry context in Sierras del Este and with the response capacities to face drought by producers. The identified components were interpreted as large response groups from which to define alternatives to respond to differential vulnerability situations between producers to drought events.

From the identified response groups and the differences between the producers from the study area, it was possible to classify the totality of cattle producers into 7 groups, according to each group's situation and need to decrease vulnerability.

The N°1 group of producers presented very low values in every response group. Thus, it was the group with most need to strengthen their capacities in order to reduce vulnerability because it is required to strengthen the totality of all groups. Low values generated a resilient situation of high stability, which does not allow moving to a lower vulnerability scenario. The few possibilities to generate adaptive and response capacities determine that they also cannot generate an alternative to reduce sensitivity.

The N°2 group of integrated producers that, according to the scheme proposed by Chapin et al. (2009), show some level of development of adaptive capacity due to their access to public policies and links with their neighbours. However, these are producers that are highly affected by droughts. This finding is associated with the savings/capitalization capacity: after favourable productive years (high incomes), these producers carry out the purchase of cattle to increase the herd. This situation determines that during times of drought, the livestock stocking level is higher than what the property can hold and it becomes necessary to appeal to the incorporation of other food sources or to decrease the herd size. Additionally, this context generates a highly complex scenario associated with overgrazing, a situation that, as was highlighted for other regions by Thomas (2008), compromises the system and also decreases the productivity for the following periods. These producers' situations suggest that the development of specific adaptive strategies is not sufficient to decrease the system sensitivity. This responds to the significance and stability of the variable adjustment of the livestock stocking level, which is the key variable in the livestock activity.

Groups N°3 and N°7 included the producers with smaller drought vulnerability levels. The common feature is that these producers managed medium to large farm sizes, they had non-farming incomes and, most likely as a result of a scale economy, they showed adjusted livestock stocking level and carried out better farm management. Except for the producers in group N°2, who had a very low socio-economic capacity to face drought, the remainder of the producers did not integrate the priority producer's line for the implementation of public policies. Further study of the practices done by these producers is warranted in order to evaluate if it is possible and profitable for implementation by the cattle family producers and smallholders.

The producers in group N°5 had medium values in the first 3 response groups and low values in the fourth. This shows the difficulty of some producers to sell cattle in times of crisis and highlights the low adaptive capacity of some producers to anticipate the severity of drought events and the difficulty (and denial) of these producers to release part of their capital. These situations determine that producers who come to terms with livestock selling do it too late, with economic consequences. Livestock selling is highlighted as an alternative to reinforcing the response capacity in this last component or to improving the management of activity or fodder production, which may minimize the impact of the commercial strategy adopted in drought events.

The producers in group N°6 did not have cattle raising as a principal item and showed the lowest values in response group 3. The commercial strategy of these producers determined that they focused on the managements of a small-scale farm with a low livestock stocking level. These groups had a medium vulnerability level that offset this situation with flexibility from their non-farming incomes. Additionally, they reduced their vulnerability via their high adaptive capacity related to constant technical assistance and adjusted livestock stocking level, which determined a lower level of vulnerability in this group.

As highlighted by Campbell et al. (2006), and Marshall and Smajgl (2013), it is very improbable that only one strategy may offer solutions for all producers. In the same way Cros et al. (2004) proposes that success is more likely if a number of strategies are considered. The proposed approach in our study and the definition of response

groups, and not of key variables, supports this point. The productive, economic, and cultural heterogeneity of producers in the study area will result in different responses.

On the other hand, the variables that determine each response group present diverse associations and intense interrelations. In some occasions, one variable can partially or totally replace another within the same group (*i.e.*, greater fodder production results in less fodder purchasing) or even from another group (*i.e.*, high grassland productivity results in the decrease of fodder purchasing). This situation reinforces the need to increase the set of strategies to reduce vulnerability.

The alternatives related to the implementation of responses determine different dependence levels according to the group of producers and the specific variables to manage. For example, the situation of the alternatives related to response groups 1 and 3 is presented. Response group 1 shows a clear connection with herd management and available farm size. Producers who manage larger surfaces have greater access to technical assistance and have better adjustments in the livestock stocking level, possibly due to an economy of scale strategy. In a drought event, this situation positions smaller producers into a higher vulnerability level due to two factors: an inaccurate livestock stocking level and lower incomes. Therefore, increasing the response capacity of smallholders must be related to strengthening the remaining variables of the response group. In this way, the search of alternatives must focus on improving farm management and in the adjustments of the livestock stocking level to maximize productivity and avoid compromising the natural system. As highlighted by Chapin et al. (2009), this situation would allow for other regions to be less vulnerable to drought events and obtain larger benefits in non-drought periods.

Maintaining the adjusted livestock stocking level would not only contribute to the conservation of the natural grassland and natural resources but also be economically beneficial (Gillard & Monypenny, 1990). Identified by an important number of producers, overgrazing in drought events becomes a problem, where feeding alternatives tend to be economically nonviable and technically difficult. This situation determines that the sale of livestock at very low prices occurs frequently and is a problem for diverse contexts (McKeon et al., 2009), particularly for our study area. The 1 and 2 groups of producers presented a challenge for the adjustment of livestock stocking levels and the improvement of herd management. For group 5, even though these producers are in a much more favourable position, their possibilities of improvement are related to better herd management. For group 6, smallholders with important non-farm incomes, clear alternatives related to this component were not highlighted because the management is generally appropriate. The values that are not high in this component are related to the fact that livestock was not their principal income and the farm size managed was small.

Increasing the capacity in response group number 1 will have repercussions for the rest of the response groups. During drought events, the improvement of the livestock management would result in less maladjustment between the supply and demand of food, and there would be a lower need for alternative ways to access these. Consequently, increasing the response capacity of group 1 would result in a decreased effort for the generation of capacities of response group 3.

In the case of response group 3, two variables were highlighted related to the internal capacity to the property, and the remaining two variables related to the search of solutions outside the property (access to rations and complements, and the possibility to lease in critical times). These two variables sub-sets may be understood as complementary and at the same time substitutive, and they present a clear difference according to their linking with the market and therefore with the creation of external dependence. Increasing the response capacity implies that the group may reduce their vulnerability by searching for alternatives. The consolidation of strategies depends on the market dynamic and increases the system's exposure; therefore, it positions the system in a high level of vulnerability. Thus, it is important to know the linkages between variables and components, so the generation of a response in one component does not increase the exposure or sensitivity of others. Even though it is accepted that the vulnerability can be reduced by reducing exposure and sensitivity or increasing the adaptive capacity (Chapin et al., 2010, 2009; McCarthy et al., 2001), it is possible that the identified strategies to reduce a variable may have repercussions by increasing others.

The implementation of changes in livestock management, or in the commercial and financial management of the establishment, generates a great challenge due to the cultural characteristics of the producers in the studied area. Moving forward is a possible strategy for the small livestock producers with high drought vulnerability levels. The acceleration and increase of collective learning is a large challenge in livestock systems (Dieguez Cameroni et al., 2014).

Additionally, increasing the access to public policies, developing and strengthening rural extension programmes, and promoting the linkage and association of producers becomes essential for the consolidation and

implementation of responses. This group of actions is part of the strategies to increase the adaptive capacity proposed by (Chapin et al., 2009).

5. Conclusions

We presented a simple alternative approach for the identification of the level of vulnerability of livestock producers through an operational methodology. This approach proposes that the differential values of sensitivity and exposure determine that the response strategies must be different. The identification and analysis of response capacities must be developed to cope with drought.

We detected 16 variables with a high incidence in the vulnerability of the cattle producers to drought, which defined 4 response groups. All the producers were subsequently classified into 7 groups according to the state of their situation values in the 4 response groups required to cope with the drought.

The composition of 7 groups revealed the heterogeneity of the producers' situation and questioned the current definition of vulnerability and the delimitation of homogeneous regions by public policies in Uruguay.

Vulnerability assessments are the basis for developing strategies to reduce vulnerability to drought, and identifying heterogeneity through producer groups represents the first step in adjusting public policies according to local and specific needs of producers.

Acknowledgements

We express our gratitude to Emilia Isasa and Ana Laura Mello, who contributed to achieve the manuscript. Also, we thank the cattle producers who participated in the interviews. This research has been carried out with financial support from the Comisión Académica de Posgrado - Universidad de la República (Uruguay).

References

- Abson, D. J., Dougill, A. J., & Stringer, L. C. (2012). Using Principal Component Analysis for information-rich socio-ecological vulnerability mapping in Southern Africa. *Applied Geography*, 35(1-2), 515-524. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.08.004>
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268-281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Anderberg, M. (1973). *Cluster Analysis for Applications* (Vol. 19). Academic, New York.
- Andersen, E., Elbersen, B., Godeschalk, F., & Verhoog, D. (2007). Farm management indicators and farm typologies as a basis for assessments in a changing policy environment. *Journal of Environmental Management*, 82(3), 353-362. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.04.021>
- Antwi-Agyei, P., Fraser, E. D. G., Dougill, A. J., Stringer, L. C., & Simelton, E. (2012). Mapping the vulnerability of crop production to drought in Ghana using rainfall, yield and socioeconomic data. *Applied Geography*, 32(2), 324-334. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.06.010>
- Aryal, S., Cockfield, G., & Maraseni, T. N. (2014). Vulnerability of Himalayan transhumant communities to climate change. *Climatic Change*, 125(2), 193-208. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1157-5>
- Blaikie, P., Terry, C., Ian, D., & Ben, W. (1994). At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters. *Human Ecology*, 24(1), 141-145. <https://doi.org/10.4324/9780203428764>
- Campbell, B. M., Gordon, I. J., Luckert, M. K., Petheram, L., & Vetter, S. (2006). In search of optimal stocking regimes in semi-arid grazing lands: One size does not fit all. *Ecological Economics*, 60(1), 75-85. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.05.010>
- Cardona, O. D. (2003). The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective. In G. Bankoff, D. Hilhorst, & G. Frerks (Eds.), *Mapping vulnerability: Disasters, development and people* (Chapter 3, pp. 37-51). Taylor & Francis Group, London. <https://doi.org/10.4324/9781849771924>
- Chapin, F. S., Carpenter, S. R., Kofinas, G. P., Folke, C., Abel, N., Clark, W. C., ... Swanson, F. J. (2010). Ecosystem stewardship: Sustainability strategies for a rapidly changing planet. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(4), 241-249. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.10.008>
- Chapin, F. S., Kofinas, G. P., & Folke, C. (2009). *Principles of Ecosystem Stewardship: Resilience-Based Natural Resource Management in a Changing World*. Springer-Verlag, New York. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-73033-2>
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian*

- Journal of Ecology*, 18(1988), 117-143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Cros, M. J., Duru, M., Garcia, F., & Martin-Clouaire, R. (2004). Simulating management strategies: The rotational grazing example. *Agricultural Systems*, 80(1), 23-42. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2003.06.001>
- Cruz, G., Baethgen, W., Picasso, V., & Terra, R. (2014). Análisis de sequías agronómicas en dos regiones ganaderas de Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 18(1), 126-132.
- DIEA. (2011). *Censo General Agropecuario. Resultados definitivos*. Montevideo. Retrieved from <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxp001.aspx?7,5,786,O,S,0>
- DIEA. (2016). *Anuario Estadístico Agropecuario*. Montevideo. Retrieved from <http://www.mgap.gub.uy/unidad-ejecutora/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-diea/anuario2016>
- Dieguez Camerón, F. J., Terra, R., Tabarez, S., Bommel, P., Corral, J., Bartaburu, D., ... Grosskopf, H. M. (2014). Virtual experiments using a participatory model to explore interactions between climatic variability and management decisions in extensive grazing systems in the basaltic region of Uruguay. *Agricultural Systems*, 130, 89-104. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.07.002>
- Downing, & Bakker, K. (2000). Drought discourse and vulnerability. In D. A. Wilhite (Ed.), *Drought: A Global Assessment, Natural Hazards and Disaster*. UK: Routledge Publishers.
- Foran, B. D., & Stafford Smith, D. M. (1991). Risk, biology and drought management strategies for cattle stations in central Australia. *Journal of Environmental Management*, 33(1), 17-33. [https://doi.org/10.1016/S0301-4797\(05\)80045-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4797(05)80045-3)
- Füssel, H.-M. (2007). Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 17(2), 155-167. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.05.002>
- Füssel, H.-M., & Klein, R. (2006). Climate change Vulnerability Assessment: An Evolution of Conceptual Thinking. *Climate Change*, 75(3), 301-329. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3>
- Gallopin, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16(3), 293-303. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>
- Gazzano, I., Altieri, M. A., Achkar, M., & Burgueño, J. (2015). Holistic Risk Index: A Case Study of Cattle Producers in the Protected Area of Farrapos Estuaries—Uruguay. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 39(2), 209-223. <https://doi.org/10.1080/21683565.2014.967439>
- Gbetibouo, G. A., & Ringler, C. (2009). *Mapping South African Farming Sector Vulnerability to Climate Change and Variability: A Subnational Assessment* (pp. 1-27). Amsterdam Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change “Earth System Governance: People, Places and the Planet”. International Food Policy Research Institut.
- Gillard, P., & Monypenny, R. (1990). A decision support model to evaluate the effects of drought and stocking rate on beef cattle properties in Northern Australia. *Agricultural Systems*, 34(1), 37-52. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(90\)90092-5](https://doi.org/10.1016/0308-521X(90)90092-5)
- Hahn, M. B., Riederer, A. M., & Foster, S. O. (2009). The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—A case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 19(1), 74-88. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.11.002>
- Johnston, P. W., McKeon, G. M., Buxton, R., Cobon, D., Ken, D., Hall, W., & Scanlan, J. (2000). Managing Climatic Variability in Queensland's Grazing Lands—New approaches. In G. Hammer, N. Mitchell, & C. Nicholls (Eds.), *Applications of Seasonal Climate Forecasting in Agricultural and Natural Ecosystems—The Australian Experience* (pp. 197-226). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Press. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9351-9_14
- Luers, A. L. (2005). The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. *Global Environmental Change*, 15, 214-223. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2005.04.003>
- Marshall, N. A., & Smajgl, A. (2013). Understanding Variability in Adaptive Capacity on Rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, 66(1), 88-94. <https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00176.1>
- Marshall, N. A., Stokes, C. J., Webb, N. P., Marshall, P. A., & Lankester, A. J. (2014). Social vulnerability to climate change in primary producers: A typology approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 186, 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.01.004>
- McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J., & White, D. J. (2001). *Climate Change 2001:*

- Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge: Cambridge University Press.
- McKeon, G. M., Stone, G. S., Syktus, J. I., Carter, J. O., Fraser, G., W., Crimp, S. J., & Howden, S. M. (2009). Climate change impacts on northern Australian rangeland livestock carrying capacity: A review of issues. *Rangeland Journal*, 31(1), 1-29. <https://doi.org/10.1071/RJ08068>
- Moser, S. C., & Ekstrom, J. A. (2010). A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(51), 22026-22031. <https://doi.org/10.1073/pnas.1007887107>
- Mosnier, C., Agabriel, J., Lherm, M., & Reynaud, A. (2009). A dynamic bio-economic model to simulate optimal adjustments of suckler cow farm management to production and market shocks in France. *Agricultural Systems*, 102(1-3), 77-88. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2009.07.003>
- O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U., Venema, H., Aandahl, G., Tompkins, H., ... West, J. (2004). Mapping vulnerability to multiple stressors: Climate change and globalization in India. *Global Environmental Change*, 14(4), 303-313. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.01.001>
- O'Reagain, P., Scanlan, J., Hunt, L., Cowley, R., & Walsh, D. (2014). Sustainable grazing management for temporal and spatial variability in north Australian rangelands—A synthesis of the latest evidence and recommendations. *Rangeland Journal*, 36(3), 223-232. <https://doi.org/10.1071/RJ13110>
- OPYPA. (2009). *Comportamiento del sector carne vacuna en 2009 y perspectivas en 2010*. Montevideo.
- OPYPA. (2016). *Análisis sectorial y cadenas productivas. Temas de política*. Montevideo.
- Pandey, R. (2010). Heterogeneity in Household Characteristics, Forest Resource Utilization and Sustainability in Hills of Uttarakhand: A Case Study. *Silva Lusitana*, 18(1), 75-84.
- R-Team. (2012). *R: A language and environment for statistical computing R Foundation for Statistical Computing*. Retrieved from <http://www.r-project.org>
- Soares, M. B., Gagnon, A. S., & Doherty, R. M. (2012). Conceptual elements of climate change vulnerability assessments: A review. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 4(1), 6-35. <https://doi.org/10.1108/17568691211200191>
- Soriano, A. (1991). Rio de la Plata Grasslands. In R. T. Coupland (Ed.), *Natural grasslands: Introduction and Western Hemisphere* (pp. 367-407). Amsterdam: Elsevier.
- Sullivan, C. A. (2011). Quantifying water vulnerability: A multi-dimensional approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25(4), 627-640. <https://doi.org/10.1007/s00477-010-0426-8>
- Thomas, R. J. (2008). Opportunities to reduce the vulnerability of dryland farmers in Central and West Asia and North Africa to climate change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 126(1-2), 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.01.011>
- Usai, M. G., Casu, S., Molle, G., Decandia, M., Ligios, S., & Carta, A. (2006). Using cluster analysis to characterize the goat farming system in Sardinia. *Livestock Science*, 104(1-2), 63-76. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.03.013>
- Wilhelmi, O. V., & Wilhite, D. A. (2002). Assessing vulnerability to agricultural drought: A Nebraska case study. *Natural Hazards*, 25(1), 37-58. <https://doi.org/10.1023/A:1013388814894>
- Zarafshani, K., Sharafi, L., Azadi, H., Hosseininia, G., De Maeyer, P., & Witlox, F. (2012). Drought vulnerability assessment: The case of wheat farmers in Western Iran. *Global and Planetary Change*, 98-99, 122-130. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.08.012>

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

8.2. DROUGHT VULNERABILITY ASSESSMENT OF CATTLE PRODUCERS IN THE SIERRAS DEL ESTE-URUGUAY: INTERACTIONS BETWEEN ACTORS AND AGENTS



Article

Outlook
on
AGRICULTURE

Drought vulnerability assessment of cattle producers in the Sierras del Este-Uruguay: Interactions between actors and agents

Outlook on Agriculture
2018, Vol. 47(4) 315–325
© The Author(s) 2018
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/0030727018808807
journals.sagepub.com/home/oag

Ismael Díaz¹, Marcel Achkar¹ and Néstor Mazzeo^{2,3}

Abstract

Droughts significantly impact livestock systems over natural grasslands. Nevertheless, the practices adopted by cattle producers are usually not adaptive, and therefore they deepen the impacts of the drought and its vulnerability. Drought vulnerability assessments have implicitly considered vulnerability as an individual phenomenon and have not considered the interactions of actors and agents as a key attribute. Social network analysis (SNA) can be used to analyse these processes. However, researchers have largely used SNA from a static perspective and failed to not consider that external drivers could modify the network. The objective of this work was to analyse the incidence of interactions between cattle producers, institutions and agricultural technicians and the effect of such interactions on drought vulnerability from a dynamic perspective. We worked with two operational frameworks, SNA and the incidence of external drivers on the network. Our primary results highlight that (1) cattle producers of greater centrality present lower vulnerability; (2) central cattle producers are not necessarily identified by other producers by the management they carry out; (3) the primary external driver partially affects the structure of the network; and (4) the existence of rigidity and poverty traps and difficulties hindering the propagation and consolidation of practices that reduce drought vulnerability became evident. Our findings enable the identification of potentialities and barriers in the transfer of information to increase adaptation and reduce vulnerability to drought and provide a framework that could be applicable to other productive sectors, threats and geographical contexts.

Keywords

vulnerability, SNA, adaptive capacity, management, livestock

Introduction

Droughts significantly impact both natural and economic systems, with agricultural systems being the most commonly affected (Wilhite et al., 2014). These negative effects have been generally addressed as functions of exposure, sensitivity and adaptation capacity (AC) (González Tánago et al., 2016). Vulnerability evaluations significantly vary, and the situation has become more complex in recent decades. Droughts are now considered to be complex and adaptive phenomena that are ruled by multiple physical, social, productive and economic dimensions (Wilhelmi and Wilhite, 2002). In general, each producer has been considered an isolated actor, meaning that evaluations do not typically consider inter-relationships as key attributes.

In recent years, there has been an increased number of approaches presenting AC as an indispensable step to augment resilience (Rockenbauch and Sakdapolrak, 2017), this being an attribute closely linked to vulnerability (Chapin et al., 2009; Gallopín, 2006). Currently, resilience is

understood as the analysis of AC combined with system transformation (Folke, 2016). The combined analysis of this system's properties includes attributes that go beyond the individual sphere and involve different interactions between producers and all actors. Thus, studying the structure of associated social networks has been recognized for its importance in understanding, among other processes,

¹Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

²Departamento de Ecología y Gestión Ambiental, Centro Universitario Regional Este, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Maldonado-Uruguay

³Instituto SARAS², Maldonado-Uruguay

Corresponding author:

Ismael Díaz, Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Igúá 4225, Montevideo 11400, Uruguay.
Email: idiaz@fcien.edu.uy

AC to variability and environmental change (Tomich et al., 2011; Tompkins and Adger, 2004). In addition, these contribute to generating, acquiring and disseminating knowledge and information (Crona and Bodin, 2006; Isaac et al., 2007), thus resulting in the capacity to absorb, adapt and shape changes (Moore and Westley, 2011). On the other hand, social interaction research can contribute to promoting social learning, provide a link between knowledge and action and improve collective action (Henry and Volland, 2014). These perspectives promote social network analysis (SNA) as a tool for frequent use in AC studies (Bodin and Prell, 2011; Bodin et al., 2014).

SNA relies on the basic assumption that social phenomena are better explained through the relationships between actors and that these interdependent relationships determine the roles and importance of the actors themselves (Freeman, 2004; Wasserman and Faust, 1994). SNA considers the links between actors as being able to transfer information, knowledge and material goods (Wasserman and Faust, 1994). SNA is a high-potential strategy because it allows analysis on a micro (individual) and macro (network) scale while establishing relationships between both. Network type can affect actor behaviour in different ways (Bodin and Crona, 2009; Wasserman and Faust, 1994). SNA allows analysis of the links established between different nodes and can be used to identify the importance of each node in the network (Borgatti and Halgin, 2011; Borgatti et al., 2018). SNA also provides information on central actors when transferring information, creating obstacles and enabling possibilities during the process (Borgatti et al., 2018). Information about actors, links and network structure is obtained using numerous metrics that have been used in several areas of research (e.g. Bodin et al., 2017; Borgatti et al., 1998; Freeman, 1978).

SNA can be applied to agricultural research in a variety of ways, including to the studied object, analysed phenomenon and scale of analysis (Rockenbach and Sakdapolrak, 2017). Advances in SNA are associated with the transfer of knowledge, technologies and improved agricultural practices. While Rockenbach and Sakdapolrak (2017) cite a total of 60 works linking social networks and resilience, they also highlight that using SNA to analyse the resilience of rural communities is still incipient. In addition, assuming that the network is a static product, there have been few studies on external drivers and their impacts on the network, which is insufficient for evaluating system trajectory in the long term (Bodin and Prell, 2011).

Changes in land use are often key drivers in agroecosystems and affect various system dimensions, including the permanence of rural producers. Thus, analysing changes in land use may provide an indication about producer permanence (nodes). This will result in information on network functions and transformation. Land use change models (LCMs) have been widely used to analyse changes in land cover and make projections about such changes (Eastman, 2009; Paegelow and Camacho Olmedo, 2008). LCMs are very useful for evaluating the incidence of variables that force change and for predicting future changes.

The primary production of grasslands is the main driver of the livestock industry over natural grassland because it determines the main source of energy for herbivores (Sala and Austin, 2000). The uses and practices developed in pasture grasslands also affect their productivity and are keys to managing vulnerability, mainly during extreme events. Advances towards adaptation strategies to more efficiently manage the temporal and spatial variability of productivity is the main challenge in reducing the vulnerability of cattle producers. This situation is maximized during extreme climatic events.

Agronomic drought is the main meteorological threat in Uruguay (Cruz et al., 2014). It is manifested mainly through a reduction in grasslands productivity and, subsequently, in the sustainability of the farm (MGAP-FAO, 2013). The most recent droughts occurred in the years 2006, 2008, 2009 and 2015, and generated economic losses of hundreds of millions of dollars while affecting thousands of cattle producers (OPYPA, 2016). Producer vulnerability to drought is determined by both structural factors and the adopted producing strategies (Cruz et al., 2018; MGAP-FAO, 2013). Livestock breeding systems in Uruguay do not frequently adopt new technologies, even technologies validated decades ago that do not necessarily represent a high investment (Pereira, 2003). Some regions of the country (e.g. Sierras del Este) experience even higher vulnerability due to a combination of geophysical, social and economic factors (Díaz et al., 2017; Gómez and Saravia, 2016). Considering the grasslands productivity and variability in these systems, the absence of adaptation practices has prevailed (Díaz et al., 2017). Although, in the last years there have been promotions to increase the adaptation to drought in political, scientific-academic and at the producer level (Cruz et al., 2018), there is still a long way to go. In agreement with Cruz et al. (2018) the study of adaptive or informal networks will strengthen the process developed to increase adaptation to droughts, mainly because it is a privileged place for the development of innovations. Producer interrelationships are also variable, often consisting of regulated interactions that lead to both formal (e.g. associations) and informal (e.g. information exchanges between neighbouring producers) networks. Although there are relatively few interactions involving knowledge and technology transfers, some producers have adopted more resilient practices to deal with drought events. Here, questions arise. How do these innovations propagate? Which key attributes of actor and agent networks promote greater AC and resilience?

Several processes determine the temporal dynamics of the interactions between producers. These include disappearance due to the lack of generational relief, low profitability, and strong pressure exerted by an increased competition for land use (mainly afforestation). Thus, another question is, how do network changes affect the transfer and exchange processes between producers?

In this context, this study's main objective was to analyse the impact of the current and potential links between cattle producers on drought vulnerability.

Methodology

Study area

The study area is located in Sierras del Este region, Uruguay. It is delimited by Barriga Negra and Polanco stream basins (Lavalleja), presenting an approximate surface of 72,600 ha. In the area are located approximately 100 cattle producers. The medium extent of the properties is 150 ha (min = 20 ha and max = 1300 ha). The majority of the producers has the following characteristic: develop a mixed cattle production (bovine and ovine) exclusively over natural grasslands, present a medium or high vulnerability to drought due to deficiencies in the capacity to manage the activity (Díaz et al., 2017). In addition, they have weak interactions between them and with the agricultural institutions (Díaz et al., 2017). The land price increment and the reduction of the livestock area as a result of the advance of afforestation (mainly *Eucalyptus globulus*, destined to production of cellulose pulp) is one of the main threats of the activity. Thus, the potential advance of afforestation would determine a strong and growing demand for land, which would affect the cattle producers (owners and tenants). The lack of generational changeover and the low profitability of some cattle properties are added as an additional important driver.

Research strategy

We integrated two operational frameworks. The first involved the use of SNA from a static perspective to examine the effects of the known current interactions between cattle producers, in addition to their efficacy in contributing to drought vulnerability reduction. The second involved a dynamic perspective from which we evaluated the main processes that may cause network transformation. These are mainly associated with the disappearance of producers, thus turning to land use changes modelling.

Information and networks analysis survey

A total of 37 semi-structured interviews were conducted with cattle producers, 6 with private technicians and 2 with Ministry of Livestock, Agriculture and Fisheries (MGAP) technicians were also carried out. Each producer was consulted about their situation in four response groups identified by Díaz et al. (2017) according to key capacities for coping with drought. On the basis of these results, we classified participants into six groups (Table 1).

In each case, we also requested participants to indicate with which producers they exchanged information with regard to productive practices and technologies. They were similarly asked to indicate cases in which there was some commercial interaction. It was thus possible to build a network of current links (i.e. for information and commercial exchange) involving 44 producers. Participants were also consulted about their relationships with private technicians and agricultural institutions, which allowed us to identify links between five technical advisers (i.e. agronomists, veterinarians and farm technicians) and five institutions:

Table 1. Groups of cattle producers according to response capacity (divided into four response groups).

Group	Main characteristics
1	Small producers (<300 ha) with an almost exclusive management of natural grassland, with a limited ability to access to credit and help, and little financial margin for implementing alternatives.
2	Cattle family producers who managed small-sized farms (<300 ha), who could access public policies and had good commercial relations with their neighbours. These producers presented a low saving capacity and did not have non-farm incomes. They did not own significant surface for fodder production, but in critical times, they could implement the purchase of rations. They showed limited financial capacity and little flexibility to carry out commercial transactions in critical situations.
3	Medium (300 ha $\leq x \leq$ 800 ha) and large producers (>800 ha), with good herd management and an adjusted livestock stocking density, and had non-farm incomes or had strong links with their neighbours. In general, producers who had non-farm incomes managed larger areas and did not relate with neighbour producers, and vice versa. Due to these exclusive features, values in component 2 were medium. Producers in this group had good production or fodder purchase possibilities and had good financial capacity.
4	Medium (300 ha $< x >$ 800 ha) and large producers (>800 ha), with good herd management and high fodder production and had non-farm incomes or access to public policies. Additionally, these producers had a good relation with nearby producers and medium financial capacity. They showed very low commercial capacity, principally due to difficulties in releasing the cattle in hydric stress moments.
5	Producers who managed a small-size farm (<300 ha) but had an adjusted livestock stocking density and constant technical assistance. For these producers, cattle raising was not their main activity, which implied lower dependence. Moreover, they had the possibility to access non-farm incomes, a larger investing capacity and commercial flexibility. This group included producers with degrees in agrarian training and those who did not reside constantly on the property.
6	Producers who managed a large-sized farm (>800 ha) (property and non-property), with an adjusted livestock density, with farm and non-farm incomes, and financial margin for the search of alternatives. In moments of hydric stress, these producers usually did not have problems accessing complements and rations. Additionally, due to their producing farm size, they presented large surfaces for fodder production.

MGAP, Instituto Plan Agropecuario (IPA), Mesa de Desarrollo Rural (MDR)¹, Sociedad de Fomento Rural Ortiz (SFRO) and Agronomía Rural Francisco A. Cal de Barriga Negra (ARFC).

Different SNA metrics were used to characterize the network (number of nodes, number of links, degree, network density, number of components, isolated nodes and centrality) and the nodes (degree, closeness, betweenness and eigenvector centrality) (Bodin and Crona, 2009; Bonacich, 1987; Borgatti et al., 1998; Freeman, 1978;

Table 2. Metrics used in SNA, description and interpretation.

Metrics	Description	Interpretation
# nodes	Indicates the number of producers in the network. Global analysis	Greater number of nodes indicates a greater number of actors, and therefore a greater number of potential links.
# edges	Indicates the number of links between actors. A link is considered for each address. If A receives and provides information from B, then 2 links are considered. Global analysis	Greater number of links indicates that the interaction between the actors is greater.
Degree	Indicates the number of average links that each node has. Local and global analysis	Greater degree indicates greater interaction of that node with the rest of the nodes of the network
Network density	Proportion of existing links in the network on the total of possible links. Global analysis	Higher density indicates greater interaction between the actors in the network.
# components	Indicates the number of groups that do not link to other groups. Global analysis	More than one component (C) indicates that there are no links between actors of one component and the other, and therefore makes impossible the transit from C _A and C _B . A network with a single component indicates that any actor can be linked (directly or indirectly) with any other.
Isolated nodes	Nodes (actors) that are disconnected from the rest. Global analysis	Actors who do not interact with any other actor. By itself, each actor forms a component.
Outdegree	Indicates the number of links that start from a node. Local and global analysis	Greater outdegree of an actor indicates that the influence generated by that actor is greater. Thus, the actor is very important as a source of information and/or knowledge.
Indegree	Indicates the number of links that arrive at a node. Local and global analysis	Greater indegree of an actor indicates that the number of actors to which that actor resorts to access information/knowledge is greater.
Closeness	Indicates the ability to reach the other nodes in the network. Local analysis	Greater value indicates that this node is closer to the other nodes and therefore it is greater the possibility of communicating to them.
Betweenness	Indicates the position of a node with respect to the geodetic path of the others. Local analysis	A higher value indicates that the number of actors that must pass through it to access other actors is greater. Actors with greater values are central actors since they mediate communication between other actors. This measure also indicates that actors contribute more to linking the network.
Eigenvector	Indicates the centrality of the node based on the centrality of the nodes with which it is related. Local analysis	Greater value indicates that this actor connects with actors who, in turn, are very well connected (central actors).

SNA: social network analysis.

Wasserman and Faust, 1994) (Table 2). The analysis was developed using Gephi software (Gephi, 2008) and R software (R Core Team, 2017).

Network transformation

The main driver able to determine network transformations was analysed. An evaluation of the potential disappearances of a node was performed starting with the potential impacts of the main threats present in the study area. Potentially affected nodes were assumed to be those that could not continue performing activities and/or were willing to abandon activities (i.e. due to low profitability and/or high vulnerability) if an appropriate offer for their land was made.

An assessment was performed to evaluate the situation at each farm, disposition to sell the farm, and, in the case of aged producers, the possibility of generational relief. In addition, the potential growth of forestry with exotic

species was evaluated, beginning with an analysis of the potential transition using LCM. The potential transition to forestry was determined as occurring in 2025, a year that was arbitrarily chosen as a near-future scenario. It was assumed that the competence, and price relations, between livestock and forestry will not change in the projected period. The factors of influence defined for land use included priority forest land defined by the Uruguayan law, the land productivity index (MGAP, 1994), distance to current forestry activity, distance to roads and rural property size. We started with forestry maps generated through a supervised classification of LANDSAT 5-TM images in the years 2000 and 2010 in addition to a LANDSAT 8-OLI in the year 2015. The certainty of the transition generated by the LCM between 2000 and 2015 was verified. Because of this adjustment, we estimated that a transition would occur in 2025. We accomplished this using the Land Change Modeler module of IDRISI SELVA (Clark-Labs, 2009).

Table 3. Descriptions of the complete network and the network only consisting of producers.

Metric	Complete network	Network without institutions or technicians
# nodes	54	44
# edges	271	69
Degree	5.0	1.6
Network density	9.5	3.6
# components	9	17
Isolated nodes	8	15

All information was processed through a geographic information system (GIS) containing productive and geographical information to elaborate the LCM and the classification of satellite images.

Data analysis

We analysed whether the metrics identified in the SNA would significantly differ among the producers highlighted when managing the farm (i.e. those with greater AC and reduced vulnerability to drought) as compared to other producers. Moreover, we analysed the different values of vulnerability among producers identified as central nodes in the network and compared the obtained data to that of other producers. In both cases, a Mann–Whitney U test was used. The existence of statistically significant relationships between node metrics and vulnerability to drought was evaluated using Spearman's correlation coefficient (ρ). A comparison of the centrality metrics between different types of producers defined according to their drought response capacities was made using a Kruskal–Wallis H test and Mann–Whitney U test for post hoc analysis. These analyses were conducted using R software (R Core Team, 2017); a significance level of 0.05 was established for all tests.

Results

The network included 54 nodes (i.e. 44 producers, 5 technicians and 5 institutions) and 271 unidirectional links corresponding to the interaction between producers and institutions (116, 43%), producers (69, 26%), producers and technicians (66, 24%) and those remaining (20, 7%) between technicians and their institutions. The presence of institutions and technicians determined whether the network had a higher average degree, higher density, lower number of components and lower number of loose nodes (Table 3). The average network degree was 5.0 as corresponding to the high degree registered by the five institutions (average degree = 22) and technicians (average degree = 8). Considering producers only, the network average degree was 1.6, which indicated an average link for each producer of less than two producers.

Half interactions were informal and were not regulated by any institution or formal framework. The other half corresponded to interactions within the association frameworks and between producers and the MGAP. An overall 65% of all informal interactions occurred between

producers and central actors. The remaining 35% occurred between neighbouring producers.

All five institutions presented the highest values of closeness centrality. They were located among the first six places of centrality for degree, while three obtained the highest values in betweenness centrality (i.e. ARFC, MGAP and SFRO). ARFC presented the highest values of eigenvector centrality, and SFRO was ranked third. Private technicians and advising producers on MGAP-promoted support plans shared first place in the centrality ranking in all remaining cases.

In the absence of institutions and technicians, 15 producers did not present links (isolated nodes) (Figure 1). These producers presented the highest values for vulnerability among all producers ($U = 125, p < 0.02$). We identified eight producers presenting the highest values for the four centrality criteria used. These producers were therefore positioned as central network nodes. This group of producers presented the lowest levels of vulnerability ($U = 67.5, p < 0.02$). Four were located in configuration A, while the other four were located in B. Of these producers, four were identified by four or more producers as realizing critical property management in the area (two each in configurations A and B). On the other hand, four or more producers identified each of five producers that were notable for their leadership capacity, participation and organization (three in configuration A and two in B).

Half of the producers identified by other producers due to the fact that they perform a good herd management of their farms (because they apply, at least, many of the following practices: stocking density adjustment, rotation between paddocks, herdsman weaning time, body condition scoring application, gestation diagnosis, etc.) were not detected as central nodes (3/6). However, these producers presented values that were significantly higher than those of the rest in terms of their indegree ($U = 52, p < 0.05$) and outdegree ($U = 42, p < 0.01$), closeness ($U = 50, p < 0.05$), betweenness ($U = 46, p < 0.05$), eigenvector centrality ($U = 47, p < 0.05$) and, of course, the level of vulnerability ($U = 38, p < 0.001$).

Producers with the highest levels of vulnerability presented lower outdegree ($\rho = -0.34, p < 0.01$) and indegree ($\rho = -0.48, p < 0.001$). They also showed lower values of betweenness ($\rho = -0.32, p < 0.05$), closeness ($\rho = -0.41, p < 0.05$) and eigenvector centrality ($\rho = -0.33, p < 0.05$). Thus, producers with higher levels of vulnerability were less linked to other actors and occupied places of less centrality.

Considering the type of producers according to their capacity to respond to drought, type 4 were found to generally present the highest values of centrality, followed by types 2 and 3 (Figure 2). Lower values are presented in all cases by type 1, 6 and 5 producers. The differences between groups were significant in all measures of centrality ($H = 24, H = 30, H = 23, H = 36; p < 0.01$), which is explained by the value differences between groups 2, 3 and 4 and 1, 5 and 6 ($p < 0.05$). There were no significant differences between types within these groups (between 2, 3 and 4 or between 1, 5 and 6) ($p < 0.05$).

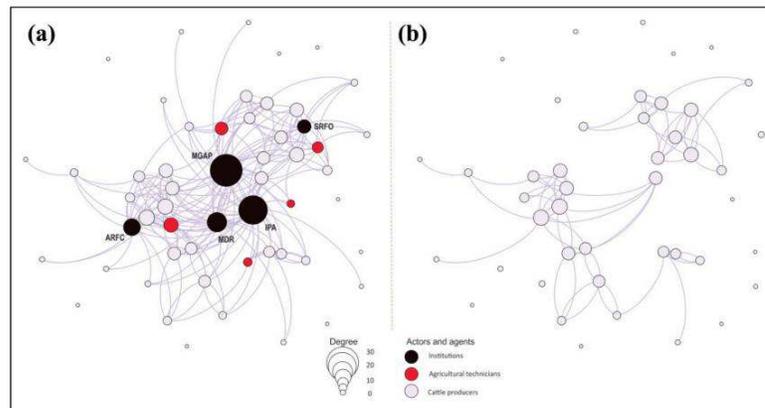


Figure 1. Diagrams of social networks considering producers, institutions and technicians (a) and only producers (b). Isolated nodes indicate producers that do not link to any other nodes.

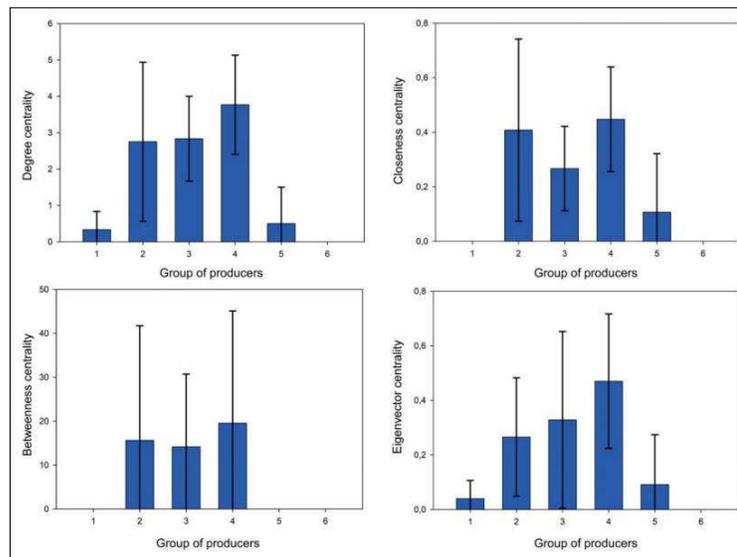


Figure 2. Average values of centrality according to the type of producer as defined by drought response capacity.

External drivers of the network

More than half of all analysed producers rented at least a part of the area they managed (25% rented more than 50% of its surface). This was highlighted as a serious limiting factor due to the high cost of renting land and the limited

availability of land for rent. A total of 18% of all analysed producers (8/44, mostly older than 60 years of age) declared that their farm was not largely occupied by family generations. These producers presented a greater vulnerability to drought than did the rest of the producers ($U = 56.5$, $p < 0.05$).

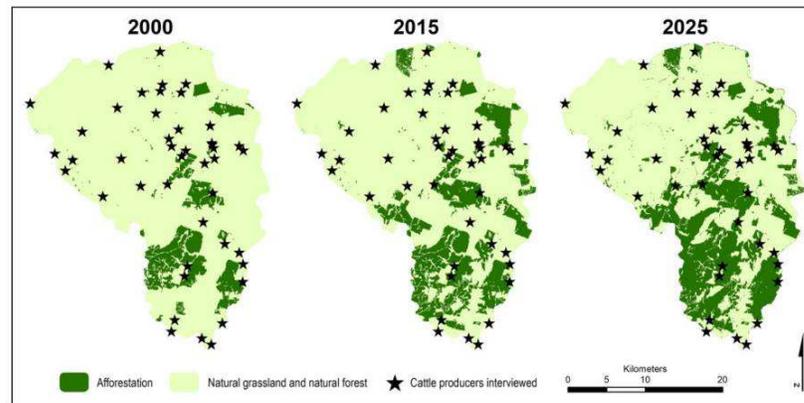


Figure 3. Afforestation area evolution between 2000 and 2015 and projected changes for 2025.

A total of 84% of all producers were reluctant to abandon activity. The remaining 16% said that they would consider the possibility of selling or renting if the offers were good. Notably, the levels of vulnerability of these producers were not greater than the rest (four of seven were tenants). Finally, one producer identified as a central network actor considered the possibility of ceasing activity, while two central actors emphasized the problem of generational relief.

In 2025, the forest area will increase to 20,500 ha, a 30% growth rate compared to 2015; forestry will occupy 27% of the study area (Figure 3). This could exert a direct influence on the properties of 15 producers (i.e. 6 tenants and 9 owners). This will also directly affect the properties of five producers who do not discard the possibility of selling and abandoning activity. The increased forest area would reduce the livestock area by 10%, thus decreasing the natural grasslands surface available for rent.

This new stage would result in a network consisting of 34 nodes and 46 links, an average degree of 1.35, a density of 4% and 15 components (13 of which being isolated nodes). The new network would alter the arrangement of central actors in which five of the eight central producers would be those highlighted by the rest of producers due to performance. These five producers would experience an average decrease of 0.5 in their output degree. Changes in the network would also determine a reduction in the relative weight of links between producers equal to 4%, which is mainly assumed by technicians. The relative weight of the institutions remains constant, but, inside, it is the ARFC who presents the greatest impact since its links are reduced by 15%.

Discussion

The current network structure of producers, technicians and agricultural institutions in the study area is generally well

connected. However, with low density, weak links and the centrally weighed institutions and technicians, there are actors who play key roles in transferring information. Some cattle producers also occupy a prominent role in the intermediation of information, but these are not necessarily those carrying out good management of their farms. Therefore, the information that may be transmitted is not necessarily the most appropriate. Although low density determines that this is not a central problem, it marks a double challenge for management since, besides facing the need to transfer information, it must ensure that the information is correct. Thereby, it emerges as a challenge to advance in training processes so that producers can correctly evaluate the information they receive. There is evidence of a fundamental problem due to the need to generate substantive changes in the productive practices of central nodes and/or to promote the increased centrality of producers who are properly managing their farms.

With generally weak links, the low density of interaction can hinder the transfer of knowledge and successful management experiences. This is because low density determines less redundancy and therefore fewer opportunities to mobilize information, provide resources and act collectively (Orchard et al., 2015). Additionally, in agreement with the proposed by Gómez and Saravia (2016), most producers conduct inefficient practices and thus increase drought vulnerability when attempting to prevail through overload without managing body condition and weaning time.

The scenario involving spatial propagation of the transformation thus seems very limited. Although it has been pointed out that high network density can negatively influence the heterogeneity of practices and thus hinder the potential for innovation (Oh et al., 2004; Reagans and McEvily, 2003), increasing density could enable the successful transfer of practices currently recognized for their

efficiency. From the perspective of adaptation cycles, adverse configurations (traps) limit beneficial transformations (Carpenter and Brock, 2008; Gunderson, L.H. 2001). The situation identified in this study presents attributes of both rigidity and poverty traps. This statement is based on system connectivity in the accumulated economic and natural capital, including recent innovations in the livestock activity and low resilience to drought events. Typical attributes of a rigidity trap have been identified given that a connected system is present. However, there are relatively homogeneous ideas and practices available without implementing known innovations and clear alternatives with scientific support. Despite the fact that resources are not necessarily limited (due to the potential economic resources of some institutions and the low economic demands of some practices), there is not a clear capacity to consolidate alternatives allowing the system to evolve. This stands out as a key attribute of poverty traps (Westley et al., 2006). In addition, there is still a significant number of non-connected producers. This combination determines that transformations are extremely difficult in the current scenario due to innovations, when existing, are difficult to propagate and consolidate.

Institutions and technicians are central actors in the analysed network since they canalize more than 75% of the links. The high centrality of a node can have a positive incidence since it increases the efficiency in transferring information, but it can also be negative since it generates dependency, reduces the possibility of gaining access to other sources of information, and the risks are high when inappropriate information is transferred (Abrahamson and Rosenkopf, 1997; Weimann, 1982). These nodes are essential for strengthening network links and avoiding the formation of isolated nodes. Many producers also state that some formal groups of producers work well because of the integral role of the technician in charge. This is particularly important in the Uruguayan context since a major role for the implementation of public policy in family farms and in areas of high vulnerability was given to a private technician. In this sense, the information available and proposed by the agricultural institutions (and later by private technicians) is essential for reducing drought vulnerability. On the other hand, the low proportion of informal interactions deepens the role of public policy in transferring information and propagating practices designed to reduce vulnerability.

Strategies for strengthening the network must be simultaneously supported by changes in production practices. Otherwise, strengthening the network could have an adverse effect as homogeneous and highly connected systems tend to have greater resistance to change and less ability to adapt (Scheffer et al., 2012), and therefore to consolidate a rigidity trap. Considering the low rate of adoption for certain productive practices (e.g. livestock density adjustment, weaning time, rotation between paddocks and gestation diagnosis), strengthening the network should be accompanied by the promotion of practices that diminish vulnerability. Producers do not tend to implement these practices despite them being promoted by agrarian

institutions (Cruz et al., 2018) and technicians and implemented by some producers. In this context, it is key to understand whether the non-application of potentially favourable alternatives responds to the lack of connectivity or simply the interests of producers for unknown reasons. Alternatives to reduce vulnerability to drought have been mostly designed in technical-academic areas, without the participation of producers. The government has taken decisions based on the available information, which despite being sometimes directed to particular producers, has failed to cover the diversity of existing producers. Although incipient experiences of co-innovation have reported favourable results in Uruguay (Albicette et al., 2017; Dogliotti et al., 2014), they are marginal in the area. Advance in these strategies, and also in the validation of alternatives currently underway in conjunction with the producers, can be opportunities for the dissemination and appropriation of alternatives by producers. This process of definition, implementation, evaluation and consolidation of alternatives, framed in adaptive management, is key to progress in the consolidation of strategies applicable to the diversity of producers.

The central producers are not necessarily identified by favourable management of their farms (in terms of vulnerability and associated components), which could generate adverse effects since the high centrality presents negative aspects caused by the high possibility of transferring inappropriate information or strategies (Abrahamson and Rosenkopf, 1997; Weimann, 1982). The information that is usually transferred is not necessarily the most updated or the most efficient for managing the farm and reducing vulnerability. It should be noted that farm managed by these producers are generally larger and that their vulnerability to drought is usually low. This situation adds greater complexity, since the information that is transferred generally stems from experiences on a scale of production exceeding that of most producers.

An inverse relationship between centrality and vulnerability was detected. However, the explained variability was less than 50% given that larger producers and those that did not have livestock as main income sources (lower levels of vulnerability) generally had few links to neighbouring producers. In addition, the most vulnerable were also those with less centrality. In both cases, the need to strengthen links was highlighted for the most vulnerable producers to access knowledge that allowed them to reduce their vulnerability and for less vulnerable producers to influence the effects of transferring knowledge. In these cases, it is necessary to know which fraction of vulnerability has a structural component (Díaz et al., 2017) and which part responds to the response capacity of the producer, which can be transferred to others. This is particularly important for large producers given that their low vulnerability can be associated with the scale of production and not necessarily the implementation of good management practices.

The combination of threats potentially generates a new network that is less dense and contains less producer links, but has increased links with technicians. Therefore, the

crucial role of technicians increases. Changes in producer centrality are not radical. However, these generate alterations in an order favouring the most central. This situation further complicates public policy analyses and management strategies given that the identification of central nodes from which to implement dissemination strategies must consider the dynamism in producer centrality. The situation is even more complex because, in addition to whether they exist, the composition and viability of links also differs at the temporal level (Baird and Gray, 2014; Islam and Walkerden, 2014). The main threat in the study region is the growth of forestry area, which determines the level of decrease in livestock areas and increases the price of land. Although this second impact was not analysed, it is a process that results in great uncertainty due to the potential transformation of an area containing many tenant producers.

SNA frequently assumes that networks have positive effects in generating resilience (Nygren and Myatt-Hirvonen, 2009; Rockenbauch and Sakkapolrak, 2017). In this work, there were advantages and disadvantages identified in centralities and their potential impacts on the inclusion and exclusion of actors in accessing information. Likewise, we identified the importance of agricultural institutions in network formation and in the generation and dissemination of information needed to reduce vulnerability, tasks that were often difficult, and demanded time and resources (Lyle and Smith, 2014; Nygren and Myatt-Hirvonen, 2009). On the other hand, it was demonstrated that current threats had a differential effect, mainly in the conformation of the network and centrality of the actors. Advances in these aspects are crucial to understanding the network dynamics and their impacts on the individual and collective behaviour of producers.

In the analysed system, attributes and characteristics typical of rigidity and poverty traps coexist and are determined by three key elements: network connectivity, the lack of interest for many producers in implementing alternatives and the inability of many actors to consolidate greater resilience strategies. Knowing the causality and contribution of each of these three factors is currently a great challenge in reducing drought vulnerability. This is mainly because of the severity of current droughts, which could contribute to the disappearance of some cattle producers, mainly those managing smaller areas and which lack other income. Current productive strategies prevent exploitation of the maximum productive capacity during years with favourable rainfall and are probably insufficient to cope with a more extreme drought regime in the future.

Conclusions

The integration of static and dynamic approaches in social networks allowed characterization of the cattle producer network, the circulation of information and the transfer of knowledge needed to reduce drought vulnerability. This research highlighted the existence of a network that was not very dense, but which was connected, thus emphasizing the existence of rigidity and poverty traps that limit

possible adaptation of the system to promote the reduction of drought vulnerability. This context is even more complex because central actors (producers) did not stand out for being related to good management practices. This situation in general is not addressed by public policy, which adds further complexity to the process of designing and implementing adaptive practices. This information allows the identification of potential restrictions in transferring information that is needed to increase AC and decrease drought vulnerability. It also provides a framework that can be applied to other productive sectors, threats and geographical contexts.

Acknowledgement

The authors express their gratitude to the cattle producers and technicians who participated in the interviews.

Declaration of conflicting interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship and/or publication of this article.

Funding

The author(s) disclosed receipt of the following financial support for the research, authorship and/or publication of this article: This research has been carried out with financial support from the CAP-UDELAR.

Note

1. The MDR is not a proper agricultural institution. However, it was considered as such given that it is an instance of high importance and that allows various links between producers, technicians, neighbours and institutions (agricultural and non-agricultural).

References

- Abrahamson E and Rosenkopf L (1997) Social network effects on the extent of innovation diffusion: a computer simulation. *Organization Science* 8(3): 289–309.
- Albicette M, Leoni C, Ruggia A, et al. (2017) Co-innovation in family-farming livestock systems in Rocha, Uruguay: a 3-year learning process. *Outlook on Agriculture* 46(2): 92–98.
- Baird TD and Gray CL (2014) Livelihood diversification and shifting social networks of exchange: a social network transition? *World Development* 60: 14–30.
- Bodin Ö and Crona BI (2009) The role of social networks in natural resource governance: what relational patterns make a difference? *Global Environmental Change* 19(3): 366–374.
- Bodin Ö and Prell C (2011) *No Social Networks and Natural Resource Management*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bodin Ö, Crona B and Ernstson H (2017) Las redes sociales en la gestión de los recursos naturales: ¿Qué hay que aprender de una perspectiva estructural? *REDES* 28: 1–8.
- Bodin Ö, Crona B, Thyresson M, et al. (2014) Conservation success as a function of good alignment of social and ecological structures and processes. *Conservation Biology* 28(5): 1371–1379.

- Bonacich P (1987) Power and centrality: a family of measures. *American Journal of Sociology* 92(5): 1170–1182.
- Borgatti S and Halgin D (2011) On network theory. *Organization Science* 22(5): 1168–1181.
- Borgatti S, Everett M and Johnson J (2018) *Analyzing Social Networks*. Thousand Oaks: Sage.
- Borgatti S, Jones C and Everett M (1998) Network measures of social capital. *Connections* 21(2): 27–36.
- Carpenter SR and Brock WA (2008) Adaptive capacity and traps. *Ecology and Society* 13(2): 40.
- Chapin FS, Kofinas GP and Folke C (2009) *Principles of Ecosystem Stewardship: Resilience-Based Natural Resource Management in a Changing World*. New York, Springer Verlag.
- Clark-Labs (2009) *The Land Change Modeler for Ecological Sustainability*. Worcester: Clark University.
- Crona B and Bodin Ö (2006) What you know is who you know? Communication patterns among resource users as a prerequisite for co-management. *Ecology and Society* 11(2): 7.
- Cruz G, Baethgen W, Bartaburu D, et al. (2018) Thirty years of multilevel processes for adaptation of livestock production to droughts in Uruguay. *Weather, Climate, and Society* 10(1): 59–74.
- Cruz G, Baethgen W, Picasso V, et al. (2014) Análisis de sequías agronómicas en dos regiones ganaderas de Uruguay. *Agrociencia Uruguay* 18(1): 126–132.
- Díaz I, Achkar M and Mazzeo N (2017) External drivers and internal control factors that determine the vulnerability and response capacity to drought of cattle producers in the Sierras del Este region of Uruguay. *Journal of Agricultural Science* 10(1): 190–203.
- Dogliotti S, García MC, Peluffo S, et al. (2014) Co-innovation of family farm systems: a systems approach to sustainable agriculture. *Agricultural Systems* 126: 76–86.
- Eastman J (2009) *Idrisi Taiga, Guide to GIS and Image Processing, manual version 16.02*. Worcester: Clark University.
- Folke C (2016) Resilience. *Ecology and Society* 21(4): 44.
- Freeman L (1978) Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks* 1(3): 215–239.
- Freeman L (2004) *The Development of Social Network Analysis. A Study in the Sociology of Science*. Vancouver: Empirical Press.
- Gallopín GC (2006) Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change* 16(3): 293–303.
- Gephi (2008) Gephi Graph Visualization and Manipulation. 0.92. Available at: <https://gephi.org/users/download/> (accessed 25 October 2018).
- Gómez R and Saravia H (2016) Tecnología en sistemas ganaderos criadores de Sierras del Este: oferta disponible y toma de decisiones tecnológicas en el predio. *Agrociencia Uruguay* 20(1): 113–122.
- González Tánago I, Urquijo J, Blauhut V, et al. (2016) Learning from experience: a systematic review of assessments of vulnerability to drought. *Natural Hazards* 80(2): 951–973.
- Gunderson LH (2001) *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Washington, DC: Island press.
- Henry AD and Vollan B (2014) Networks and the challenge of sustainable development. *Annual Review of Environment and Resources* 39(1): 583–610.
- Isaac ME, Erickson BH, Quashie-Sam SJ, et al. (2007) Transfer of knowledge on agroforestry management practices: the structure of farmer advice networks. *Ecology and Society* 12(2): 32.
- Islam R and Walkerdren G (2014) How bonding and bridging networks contribute to disaster resilience and recovery on the Bangladeshi coast. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 10: 281–291.
- Lyle HF and Smith EA (2014) The reputational and social network benefits of prosociality in an Andean community. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(13): 4820–4825.
- MGAP (1994) *Unidades de Suelos Coneat*. Montevideo: MGAP.
- MGAP-FAO (2013) *Clima de Cambios Nuevos Desafíos de Adaptación en Uruguay. Informe en el Marco del Proyecto TCP-FAO 3302*. Montevideo: MGAP.
- Moore ML and Westley F (2011) Surmountable chasms: networks and social innovation for resilient systems. *Ecology and Society* 16(1): 5.
- Nygren A and Myatt-Hirvonen O (2009) ‘Life here is just scraping by’: livelihood strategies and social networks among peasant households in Honduras. *Journal of Peasant Studies* 36(4): 827–854.
- Oh H, Chung MHO and Labianca G (2004) Group social capital and group effectiveness: the role of informal socializing ties. *Academy of Management Journal* 47(6): 860–875.
- OPYPA (2016) *Análisis Sectorial Y Cadenas Productivas. Temas De Política*. Montevideo: MGAP.
- Orchard S, Stringer L and Quinn C (2015) Impacts of aquaculture on social networks in the mangrove systems of northern Vietnam. *Ocean and Coastal Management* 114: 1–10.
- Paegelow M and Camacho Olmedo MT (2008) *Modelling Environmental Dynamics. Advances in Geomatics Solutions*. Berlin: Springer-Verlag.
- Pereira G (2003) *La ganadería En Uruguay, Contribución A Su Conocimiento*. Montevideo: MGAP.
- R Core Team (2017) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Reagans R and McEvily B (2003) Network structure and knowledge transfer: the effects of cohesion and range. *Administrative Science Quarterly* 48(2): 240–267.
- Rockenbauch T and Sakdapolrak P (2017) Social networks and the resilience of rural communities in the Global South: a critical review and conceptual reflections. *Ecology and Society* 22(1): 10.
- Sala OE and Austin AT (2000) Methods of estimating above-ground net primary productivity. In: Sala OE, Jackson RB, Mooney HA and Howarth RW (eds) *Methods in Ecosystem Science*. New York: Springer, pp. 31–43.
- Scheffer M, Carpenter SR, Lenton TM, et al. (2012) Anticipating critical transitions. *Science* 338(6105): 344–348.
- Tomich TP, Brodt S, Ferris H, et al. (2011) Agroecology: a review from a global-change perspective. *Annual Review of Environment and Resources* 36: 193–222.
- Tompkins EL and Adger WN (2004) Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change? *Ecology and Society* 9(2): 10.
- Wasserman S and Faust K (1994) *Social network analysis: methods and applications*. Cambridge University Press 1: 116.

- Weimann G (1982) On the importance of marginality: one more step into the two-step flow of communication. *American Sociological Review* 47(6): 764–773.
- Westley F, Zimmerman B and Patton MQ (2006) *Getting to Maybe: How the World has Changed*. Toronto, ON: Random House Canada.
- Wilhelmi OV and Wilhite DA (2002) Assessing vulnerability to agricultural drought: a Nebraska case study. *Natural Hazards* 25(1): 37–58.
- Wilhite DA, Sivakumar MVK and Pulwarty R (2014) Managing drought risk in a changing climate: the role of national drought policy. *Weather and Climate Extremes* 3: 4–13.