

Facultad de Ciencias

Licenciatura en Ciencias Biológicas

Tesina de grado

Profundización en Ecología



***Caracterización de estados de condición de los pastizales de
las Sierras del Este, Uruguay.***

Manuel Ferrón Gelós

Orientadora: Dra. Alice Altesor

Tribunal: Dra. Claudia Rodríguez, Dr. Felipe Lezama



A mis abuelos.

Agradecimientos

A mi tutora Alice Altesor por su gran dedicación y por guiarme en este momento tan importante. A mis evaluadores y queridos compañeros Claudia Rodríguez y Felipe Lezama por recibir mi trabajo y sus valiosos aportes en el mismo. A los compañeros del Grupo de Ecología de Pastizales (Luis, Fede, Elsita, Andrea, Bea, Silvina, Gastón, Fabiana, Santiago y José) por hacerme parte de este grupo desde el primer día. A Anita mi compañera de viaje por hacerme feliz y llenarme el corazón. Muy especialmente a mi Familia (Papá, Mamá, Joaco, Mari, Pablito, Lorena, Gerva y Ela, Vale, Tato, tia Cecille, tía Pilar, Fernando, Elena, Maza, Sole y Diego, Hernan, Lala, Mariana Mats y sus pichones, Matías, María, Tiago y Juanita, Guillermo y Cristina, Gustavo y Andrea) por el amor recibido y la confianza. A “los gomías” (Augusto, Baru, Cabeza, Christian, Drope, Emi, Gusa, Juanma, Juansa, Juanvi, Lautá, Marce, Masche, Nacho, Oso, Pato, Pela, Victorio, Wistito) por los momentos vividos. A los compa del vivero que siempre están presentes.

Índice

Resumen.....	6
Introducción.....	7
Objetivos.....	15
Materiales y métodos.....	16
Área de estudio.....	16
Diseño de muestreo.....	18
Análisis de datos.....	20
Resultados.....	21
Comunidad de Pastizales ralos de Sierras del Este.....	21
Comunidad de Pastizales densos de Sierras del Este.....	27
Discusión.....	34
Comunidad de Pastizales Ralos de Sierras del Este.....	35
Comunidad de Pastizales densos de Sierras del Este.....	40
Conclusiones.....	46
Bibliografía.....	47
Anexo.....	56

Resumen

Los *Modelos de Estados y Transiciones* permiten representar la naturaleza dinámica de los pastizales, con la existencia de múltiples estados estables alternativos. Este trabajo tuvo como objetivo la descripción de los estados de condición de las dos comunidades de pastizales cartografiadas en la región de Sierras del Este, Uruguay. Los estados se definieron a partir de muestreos a campo donde se midieron atributos estructurales de la vegetación y se registraron variables ambientales. A través de un sorteo aleatorio, fueron seleccionados 85 píxeles MODIS puros (más del 90 % perteneciente a una comunidad) de 250 x 250 metros correspondientes a ambas comunidades de pastizal. Se construyó una matriz de atributos x píxel para cada comunidad y se realizaron análisis multivariados para la identificación de los estados. Fueron caracterizados dos estados de condición para la comunidad de pastizales ralos (A y B), y tres estados para la comunidad de pastizales densos (A, B y C). Para pastizales ralos el *Estado A* se definió por tener un mayor porcentaje de gramíneas, altura del estrato 2, cobertura del estrato 1 y altura del estrato 1; mientras que el *Estado B*, por presentar un mayor porcentaje de suelo desnudo. Para los pastizales densos, el Estado A se definió por tener una mayor altura del estrato herbáceo y un mayor porcentaje de gramíneas; el Estado B con mayor cobertura, número de especies y altura del segundo estrato; el Estado C, se definió por presentar un mayor porcentaje de suelo desnudo. El trabajo realizado permitió diagnosticar de manera objetiva el estado de condición actual de los pastizales de las Sierras del Este, encontrándose un importante grado de deterioro en los pastizales de ambas comunidades posiblemente consecuencia del sobrepastoreo y de las escasas precipitaciones ocurridas en el año de muestreo. La identificación de estos estados representa información muy valiosa tanto a escala regional, como de predio ya que brinda las bases para implementar manejos que permitan la conservación productiva de los pastizales.

Introducción

Desde el siglo XVIII los naturalistas empezaron a preocuparse por comprender los patrones de distribución de las especies, principalmente en dilucidar cómo se formaban y mantenían dichos patrones. Sin embargo, la idea que ellos tenían sobre las comunidades naturales partía de una visión estática, sin tener en cuenta que éstas cambiaban con el correr del tiempo. Fue recién en la primera mitad del siglo XX que se empezaron a considerar aspectos temporales en la distribución de los organismos (Begon, 1999). Clements (1916) fue uno de los primeros en formalizar la idea de la naturaleza dinámica de las comunidades vegetales en lo que llamó la “teoría sucesional”. En ella se refiere a las comunidades vegetales como *superorganismos* que nacen, crecen, maduran y mueren, haciendo referencia al estrecho vínculo que mantienen las especies que la componen tanto en el momento actual como en su historia evolutiva común. Según Clements (1916) “el organismo nace sobre un campo abandonado, con las plantas invasoras presentes en el sitio, se desarrolla y eventualmente llega a la madurez... Además de esto, cada formación clímax es capaz de reproducirse a sí misma, repitiendo con esencial fidelidad los estadios de su desarrollo”. Con esto se refiere a que la dinámica de la vegetación es un “proceso universal, progresivo y ordenado”, a través del cual la comunidad converge hacia un estado estable llamado “clímax”. Este clímax es único para cada formación vegetal y depende de las condiciones climáticas, siendo el punto final de todas las sucesiones originadas a partir de una perturbación (Bocanelli *et al.* 2006). Cabe destacar que una perturbación es considerada como cualquier fenómeno que implique una eliminación de biomasa (Grime, 1979).

Posteriormente, Sampson (1917) asoció los conceptos ecológicos de la teoría sucesional de Clements con el manejo de pastizales pastoreados por ganado. Según Sampson (1919): “la forma más racional de detectar el sobrepastoreo es la de reconocer el reemplazo de una cubierta vegetal por otra”, haciendo referencia a la relación que existe entre la carga de ganado y las distintas etapas de la sucesión vegetal. Sin embargo, un procedimiento cuantitativo para la evaluación de la dinámica de la vegetación de los pastizales recién fue desarrollado unos 30 años después, cuando Dyksterhuis (1949) publicó su artículo clásico sobre cómo proceder para determinar el estado de condición de los pastizales y realizar análisis de tendencias. Estas ideas fueron la base del llamado *Modelo Sucesional*

Clásico, que a pesar de las críticas (e.g. Joyce, 1993), se aplicó a los pastizales pastoreados por ganado en todo el mundo durante la última mitad del siglo XX (Briske *et al.* 2005). El modelo supone que un pastizal dado en ausencia de pastoreo (perturbación) tiende a un estado estable (clímax). Esto significa que la presión de pastoreo produce cambios que ocurren en dirección opuesta a la tendencia sucesional. Por lo tanto, a partir del manejo, se puede lograr que la presión de pastoreo sea igual y opuesta a la tendencia de sucesión, produciendo un equilibrio entre la vegetación y la carga animal. De acuerdo con este modelo, todos los estados posibles de la vegetación pueden ubicarse a lo largo de un continuo que va desde una situación de pastoreo intenso (cercana al inicio de la sucesión) a otra sin pastoreo (cercana al clímax) (Figura 1) (Westoby *et al.* 1989). “Condición” es el término técnico que se utilizó para referirse a la posición de una comunidad a lo largo del continuo. El término empleado para aludir a la trayectoria de la vegetación a lo largo del continuo es el de “tendencia” (Oesterheld & Sala, 1994).

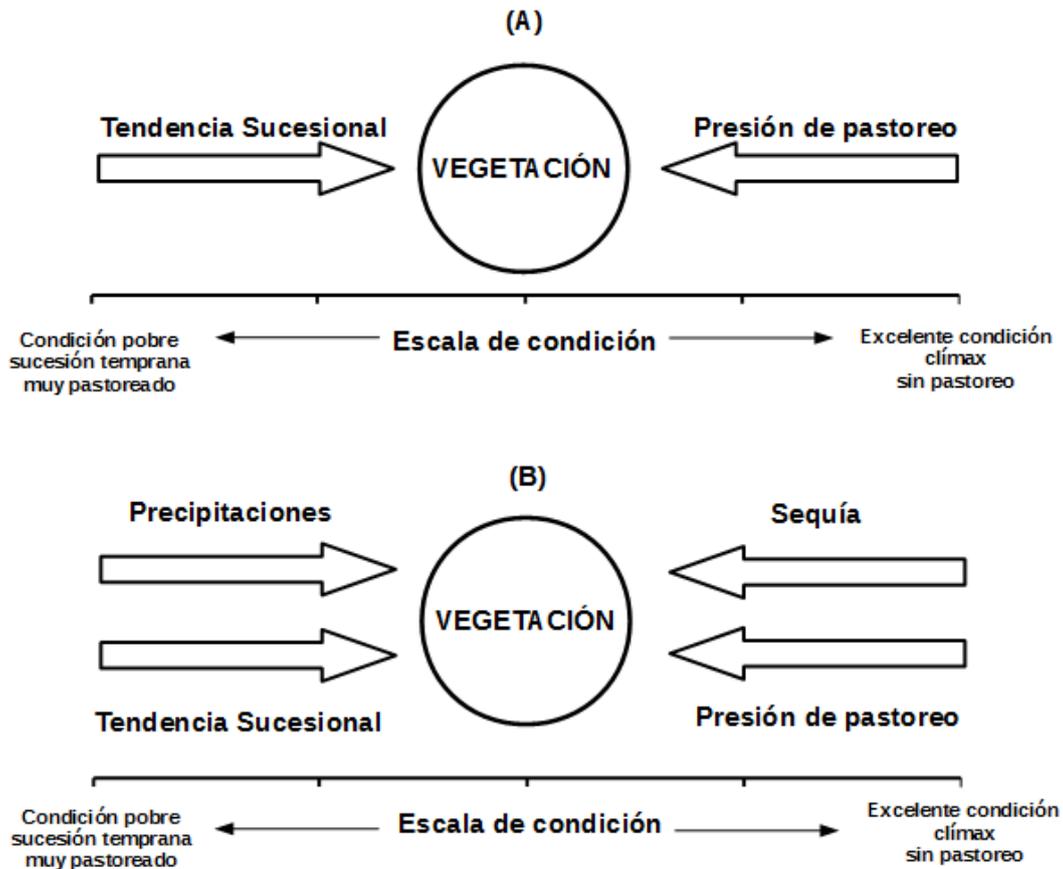


Figura 1. (A) Esquema general del *modelo sucesional clásico*. (B) Incorporación de la variabilidad de las precipitaciones en el *modelo sucesional clásico*. Tomado de Westoby *et al.* (1989).

Durante los últimos 30 años se ha dado un cambio de paradigma en la teoría ecológica (Bocanelli *et al.* 2006). El paradigma del estado estable y el equilibrio fue reemplazado por el del no equilibrio. El paradigma del equilibrio hace énfasis en la regulación y estabilidad interna de los ecosistemas mientras que le quita trascendencia a la variabilidad climática y a los eventos estocásticos sobre el comportamiento de los ecosistemas. El paradigma del no equilibrio por otro lado, ha minimizado la regulación y estabilidad del ecosistema y resalta la importancia de los disturbios externos como modeladores de la dinámica de los ecosistemas. Existen casos en que luego de un disturbio, un pastizal evoluciona hasta alcanzar un estado estable que no muestra cambios aparentes con el tiempo y mantiene su estructura indefinidamente. Este estado puede no ser necesariamente el

clímax en el sentido que definía Clements. La comunidad estable estaría en equilibrio con el clima, el suelo y además con el régimen de pastoreo que exista en el área. Esta comunidad estaría controlada por procesos autogénicos y alogénicos que producen cambios constantes dentro de la misma lo que resultaría en el mantenimiento del estado estable (Bocanelli *et al.* 2006). Los procesos autogénicos son los cambios producidos por la propia vegetación, mientras que los procesos alogénicos son los cambios inducidos por factores ajenos a ella (Tansley, 1929). En el caso de que ocurra alguna alteración importante como puede ser un aumento en la carga de ganado o por el contrario, la supresión del régimen de pastoreo, la comunidad vegetal puede sufrir cambios, y eventualmente ser reemplazada por otra comunidad. Para un lugar determinado, la vegetación puede alcanzar múltiples estados estables alternativos, los cuales pueden diferir marcadamente en la composición de especies (Bocanelli *et al.* 2006). Numerosos estudios han proporcionado evidencias empíricas para la existencia de dominios de estabilidad alternativos en varios ecosistemas tanto acuáticos como terrestres (Scheffer *et al.* 1993; Van de Koppel *et al.* 1997; Carpenter, 2001; Nystrom *et al.* 2000).

La adopción por parte de los ecólogos del concepto de múltiples estados estables, obligó al desarrollo de un modelo alternativo para la evaluación de la vegetación debido a que el modelo de sucesión clásico era incapaz de representar más de una comunidad estable en un determinado sitio. El *Modelo de Estados y Transiciones* (METs) propuesto por Westoby *et al.* (1989), surgió como una alternativa al modelo tradicional, en el que la estabilidad relativa de los distintos estados estaría determinada por el manejo y las condiciones climáticas. La base de este modelo consiste en que en la mayoría de los casos la dinámica de los pastizales puede ser descrita por un conjunto de “*estados*” discretos de vegetación que ocurren en determinada porción de territorio, y por un conjunto de “*transiciones*” entre dichos *estados*. Un “*estado*” es una abstracción, que contempla cierta variación en espacio y tiempo, de los atributos que caracterizan una comunidad. Según este modelo las transiciones entre “*estados*” son causadas por eventos naturales (clima, incendios, etc) o por prácticas de manejo (carga animal, quema, fertilización, etc). Según Westoby *et al.* (1989) en la formulación del MET, el conocimiento sobre un pastizal determinado debe organizarse a partir de la construcción de un catálogo de estados alternativos posibles, y de un catálogo de posibles transiciones desde un estado a otro. Frecuentemente las comunidades cambian de forma gradual

ante variaciones a su vez graduales en el manejo y el clima sin cambiar necesariamente de estado. Esto quiere decir que un estado incluye distintas fases de desarrollo de la vegetación. Estas fases están dentro de la variabilidad natural del estado y representan las respuestas a las perturbaciones que no llegan a atravesar un umbral (Stringham *et al.* 2001). Esta capacidad del ecosistema de absorber perturbaciones sin cambiar su estructura y funcionamiento, o sea mantenerse en un estado o dominio de atracción se conoce como “resiliencia” (Gunderson y Holling, 2002, Folke *et al.* 2002). A partir de un evento extremo o de la acumulación de perturbaciones a lo largo del tiempo pueden precipitarse cambios o saltos cualitativos, conduciendo al sistema hacia otro estado, estructural y funcionalmente distinto. Una vez traspasado dicho umbral, aunque se restablezcan todas las condiciones, el sistema no regresa a su estado original. Un umbral se define como el límite en el espacio y el tiempo entre dos dominios o estados, que no es reversible en una escala de tiempo ecológico sin insumos sustanciales de energía (Briske *et al.* 2005).

Beisner *et al.* (2003), analizan dos perspectivas de la teoría ecológica que describen los cambios entre estados alternativos de las comunidades (Figura 2). La primera aproximación (o “perspectiva comunitaria”) asume un ambiente constante con cambios en las variables de estado tales como riqueza de especies, abundancias relativas, cobertura, riqueza de tipos funcionales, etc. Según esta perspectiva, las perturbaciones pequeñas provocan cambios en estas variables, moviendo a la comunidad dentro de un mismo dominio de atracción, representando las distintas fases de la misma. Mientras que perturbaciones grandes “empujan” a la comunidad fuera de su dominio, atravesando un umbral hacia otro punto de equilibrio estable. La segunda aproximación (o “perspectiva ecosistémica”) se centra en los cambios ambientales externos a las comunidades (clima, aumento de nutrientes, fragmentación de hábitat, etc.) que afectan los parámetros que gobiernan a las variables de estado (tasas de natalidad, mortalidad, capacidad de carga, etc). Esta perspectiva difiere fundamentalmente en dos aspectos con respecto a la anterior: asume un ambiente cambiante, sin estados estables predefinidos, y supone cambios más graduales hasta un cierto nivel crítico, a partir del cual la comunidad se mueve a otro punto de equilibrio estable. (Beisner *et al.* 2003).

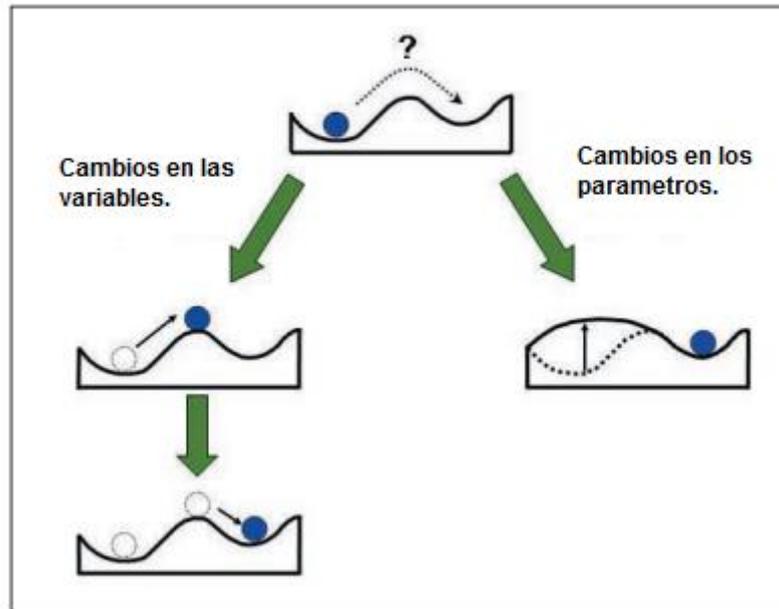


Figura 2. Diagrama del modelo “bola en taza” de dos dimensiones que muestran la forma en que un cambio en las variables de estado hace que la bola se mueva (izquierda), y la forma en que un cambio en los parámetros hace que cambie el paisaje, lo que resulta en movimiento de la bola (derecha). Tomado de Beisner 2003.

El MET propuesto por Westoby *et al.* (1989), fue consecuencia de la revolución científica que significó el cambio de paradigma mencionado anteriormente. Este modelo, fue útil a muchos investigadores que lo utilizaron para describir la dinámica de los pastizales en todo el mundo. Pivello & Coutinho en 1996, construyeron un MET para El Cerrado brasilero con el fin de complementar la información que se había obtenido del lugar a partir de la construcción de un *modelo sucesional clásico*. La información para dicho estudio se obtuvo a partir de bibliografía existente sobre la región y entrevistas a expertos. Al año siguiente Meirelles *et al.* (1997) construyeron otro modelo de la misma región pero basado en distintas premisas, ya que en este último se excluyeron los estados cuyos suelos presentan limitaciones para el establecimiento de especies arbóreas. En ambos estudios se construyó un catálogo de los estados y otro de las posibles transiciones entre ellos consecuencia de perturbaciones antrópicas como el pastoreo y el fuego. También en 1997, Pereira & Sarmiento propusieron un MET para los llanos inundables venezolanos. En dicho estudio los estados

fueron caracterizados con base en atributos florísticos, estructurales y funcionales, mientras que los factores que se tomaron en cuenta como responsables de las transiciones fueron el fuego y el pastoreo. Barrera & Frangi (1997) por otro lado, utilizan el MET para resumir los efectos del pastoreo y del fuego sobre la arbustización de los pastizales de Córdoba. En dicho estudio deducen que el sobrepastoreo y las bajas frecuencias de incendios inducen a la arbustización, además de realizar predicciones con fines de conservación. Otro estudio muy interesante por la metodología empleada para la definición de estados fue el de Aguilera et al (1998). El *modelo sucesional clásico* para esta región describía correctamente el proceso de deterioro del pastizal por sobrepastoreo, pero existían ciertas predicciones que no se cumplían. Por lo tanto se realizó un MET a partir de inventarios georeferenciados de 27 sitios con contraste de manejo ya que su historia de uso era conocida. A partir de los inventarios se realizó un análisis multivariado que determinó los distintos estados. En lo que refiere al uso de METs para los pastizales de Río de la Plata, Oesterheld y Sala (1994) construyeron un catálogo de estados y transiciones para la Pampa Deprimida ya que lo que se observaba en el campo no coincidía con las predicciones realizadas a partir del *modelo sucesional clásico*. En este estudio los factores causantes de las perturbaciones son principalmente el ganado y las inundaciones frecuentes en la zona. Años más tarde León y Burkart (1998) publicaron un artículo basado en los modelos definidos por Oesterheld y Sala (1994) pero con más información obtenida a partir de nuevos experimentos. Llama la atención, sin embargo, la escasez de trabajos que empleen los METs para los pastizales del Río de la Plata, considerando que esta región posee una de las zonas de pastizales determinados climáticamente más extensas del mundo.

Los pastizales del Río de la Plata se extienden en la parte este de América del Sur desde el 28 al 38° S. Esta extensión de pastizal cubre las llanuras del centro-este de Argentina, Uruguay y el sur de Brasil formando un arco alrededor del Río de la Plata (Soriano, 1991). El territorio uruguayo se encuentra en su totalidad incluido dentro de esta región biogeográfica. A nivel regional es el país con mayor porcentaje de cobertura de pastizales naturales (64%, MGAP, 2011). Sus pastizales exhiben una gran diversidad biológica que fue reportada en varios trabajos (Rosengurtt 1943, Rodríguez et al. 2004). Sin embargo este es uno de los biomas menos protegidos no sólo en la región sino que a escala global. Esto se debe a que existe una baja valoración de su ya mencionada diversidad y por otro lado, una alta valoración como productor de forraje y como formador de suelos fértiles, lo que

promueve su reemplazo por pasturas cultivadas, cultivos anuales y cultivos forestales (Lattera et al. 2009). Desde el 2000 la superficie de pastizal pasó de tener una cobertura de 12.346.181 ha (75.2%) a una de 11.201.212 ha (64.3%) en 2011, mientras que la forestación aumentó de una cobertura de 660.869 ha (4%) en el 2000 a 1.071.374 ha (6.5%) en 2011, y los cultivos cerealeros e industriales aumentaron de 597.533 ha de cobertura (3.6%) en el 2000 a 1.545.889 ha (9.5%) en 2011 (MGAP, 2000, 2011). La reducción de las áreas de pastizales naturales hace que la ganadería se concentre en áreas de menor potencial, bajo un planteo de intensificación que se basa en las perspectivas de mercado y los precios. Por tanto, se prevé un uso más intensivo que conduce al sobrepastoreo y a la degradación, lo que provoca un continuo deterioro de los pastizales naturales, perdiendo recursos genéticos, reduciendo la biodiversidad y modificando el hábitat y el paisaje (Ayala, 2011). Es por esta razón que un requisito indispensable será valorar y reconocer el rol que los pastizales naturales tienen en la provisión de servicios ecosistémicos como la generación de agua potable, la regulación hidrológica, el mantenimiento de la fertilidad de los suelos o el secuestro de carbono; entre otros (Altesor, 2011). Estos servicios, si bien no tienen hoy un precio definido en el mercado, tienen un valor muy importante para la sociedad (Jobbágy *et al.* 2006).

Lezama *et al.* (2011), realizaron una descripción de la heterogeneidad y de los patrones espaciales de la vegetación para los pastizales naturales de Uruguay. Para ello, tomaron en cuenta sus características fisonómicas, composición de especies y controles ambientales. Como resultado se caracterizaron las distintas comunidades y sub-comunidades de pastizal con sus respectivas especies indicadoras para las cuatro regiones geomorfológicas con mayor porcentaje de pastizales: la Cuesta Basáltica, la Cuenca sedimentaria del noreste, las Sierras del este y la Región centro-sur. En la región de la Cuesta Basáltica se determinaron tres subcomunidades de vegetación, en la región Centro-Sur se delimitaron también tres subcomunidades, dos subcomunidades en la Cuenca sedimentaria del noreste y cinco en las Sierras del este. A partir de la combinación de la información fitosociológica y de las técnicas de teledetección, Baeza *et al.* (2011) cartografiaron el uso/cobertura del suelo y dos comunidades de pastizales para cada región.

El desafío actual es describir los estados de condición de cada una de las comunidades cartografiadas. Tener información objetiva sobre este punto nos permitirá continuar llenando los vacíos existentes sobre el conocimiento de aspectos clave de la estructura y el funcionamiento de

los pastizales del Uruguay y de su respuesta al pastoreo. Este trabajo está enmarcado en el proyecto financiado por INIA-FPTA 305: "Caracterización de estados del campo natural en sistemas ganaderos de Uruguay: definición y uso de indicadores de condición como herramientas de manejo".

Objetivos

- 1) Identificar, a partir de relevamientos a campo de variables estructurales, los estados de condición de los pastizales correspondientes a las dos comunidades cartografiadas en la región de las Sierras del Este.
- 2) Diagnosticar objetivamente la condición actual de los pastizales de la región de las Sierras del Este a partir de la frecuencia de ocurrencia de los distintos estados de condición.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La región de Sierras del Este, conforma un conjunto de elevaciones con una dirección SW-NE, y representa la región con mayor energía de relieve de todo el territorio uruguayo. Se encuentra entre los 32° 04' - 34° 54' de latitud Sur y los 53° 43' - 55° 36' de longitud oeste, ocupando una superficie aproximada de 2.52 millones de ha (14,3% de la superficie del país). Se extiende en gran parte por los departamentos de Treinta y Tres, Lavalleja, Maldonado, Cerro Largo, noreste de Florida, centro sur de Rocha y este de Durazno (Panario, 1988). Comprende una gran diversidad de tipos de suelos, predominando los superficiales y muy superficiales con alto contenido de gravilla y pedregosidad. La región está dominada por pastizales y pastizales arbustivos naturales (aproximadamente un 90%), aunque también son importantes en términos de superficie arbustales y bosques. La ganadería extensiva de bovinos y ovinos es la actividad más común en la región, con cifras de dotaciones entre las más altas del país (Lezama *et al.* 2007). Según Lezama *et al.* (2011), las Sierras del Este es la región del país más heterogénea en cuanto a las subcomunidades de pastizales que abarca. El mapa de vegetación resultante para la unidad Sierras del Este realizado por Baeza *et al.* (2011), muestra que, de las 1.8 millones de hectáreas analizadas, el 87,6% correspondió a pastizales naturales. Las cartografías generadas permitieron discriminar entre dos grandes comunidades de pastizal: Pastizal de Sierras 1 y Pastizal de Sierras 2. Pastizal de Sierras 1, ocupa el 39,06% y está conformada por pastizales ralos sobre suelos superficiales reúne dos subcomunidades (II y IV) descritas por Lezama *et al.* (2011). Pastizal de Sierras 2, ocupa el 48,54%, reúne 3 subcomunidades (I, III y V), está conformada por pastizales densos y se ubican sobre suelos medios y profundos. (Lezama *et al.* 2011) (Figura 3). La precipitación media anual es de $1431,8 \pm 300,8$ mm (INIA, 2016). En el año 2015 las precipitaciones en el área de estudio fueron un 25 % (1068 mm) menores que la media anual. En la Figura 4, se observa la comparación de las precipitaciones promedio mensuales correspondientes al período 2000-2016, con las precipitaciones mensuales del año 2015. En dicha figura se ve reflejada la escasez de precipitaciones ocurridas entre los meses de febrero y julio del 2015, posteriormente a este periodo se registraron abundantes lluvias (INIA, 2016).

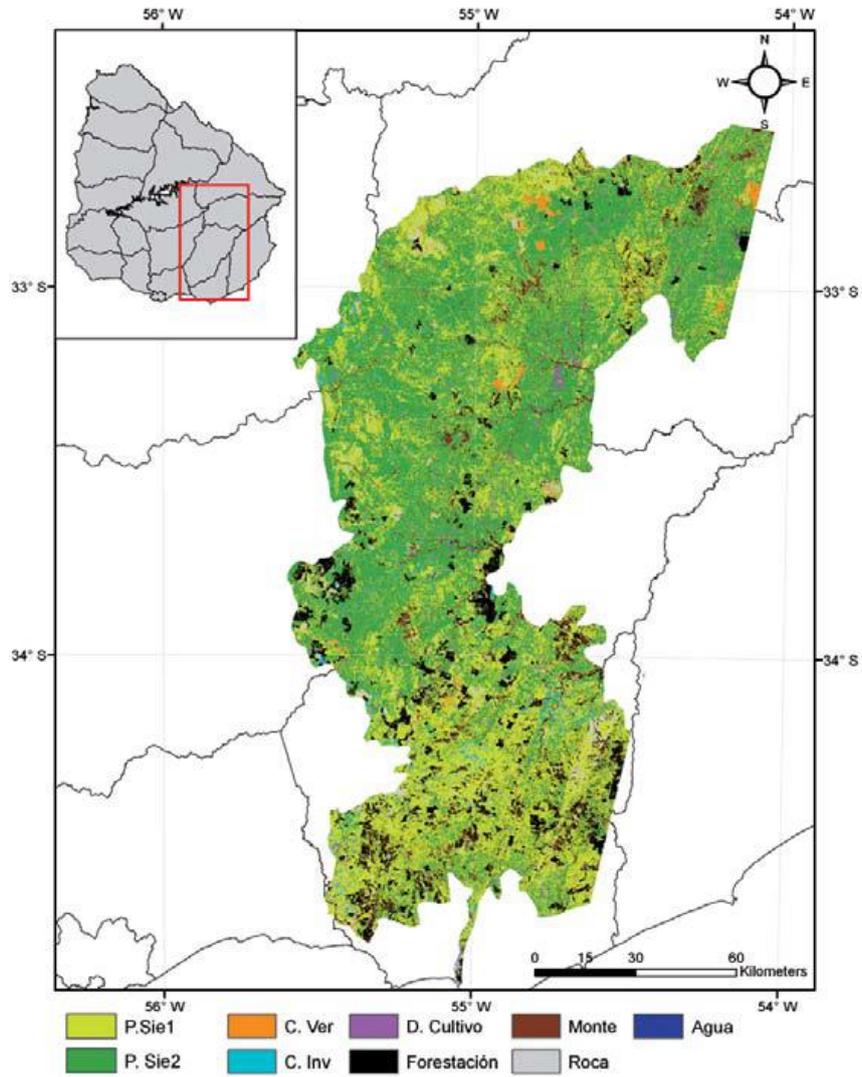


Figura 3. Mapa de cobertura/uso del suelo para la región Sierras del Este y su ubicación en el territorio uruguayo. P. Sie1: Pastizal de Sierras 1; P. Sie2: Pastizal de Sierras 2; C ver: Cultivo de verano; C inv: Cultivo de invierno; D. Cultivo: Doble cultivo; Monte: Monte nativo; Roca: Afloramientos rocosos. Tomado de Baeza *et al.* 2011.

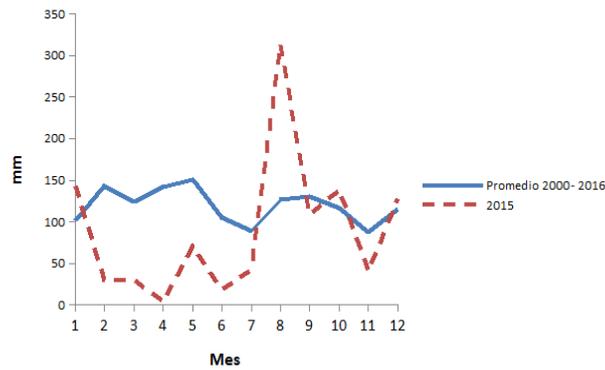


Figura 4. Gráfico que indica las precipitaciones (mm) promedio durante el período 2000-2016 y del año 2015 indicadas para cada mes obtenidas para la región, a través de la estación meteorológica de INIA - Treinta y Tres.

Diseño de muestreo

La determinación de los sitios de muestreo se realizó al azar, a partir de un sistema de información geográfica, donde se sortearon 20 cuadros de 10x10 km. En cada cuadro se seleccionaron 5 celdas al azar de 1x1 km y dentro de cada celda 2 píxeles puros de 250 x 250 m cada uno correspondiente a una comunidad de pastizal (en el caso de que estén las dos comunidades representadas dentro de una celda) utilizando la cartografía realizada por Baeza et al. (2011). Una vez en el campo, se realizó para cada píxel una descripción a nivel de paisaje, indicando qué porcentaje del píxel ocupa la comunidad y observaciones a nivel de la macrotopografía. Dentro de cada píxel, se ubicaron 3 parcelas de 5x5 m, donde se tomaron datos de los indicadores estructurales (Tabla 1). En cada sitio se buscaron las especies indicadoras de la comunidad con el objetivo de corroborar que la cartografía fuese correcta. Cada cuadrante, además, fue fotografiado y su posición registrada con un GPS. Las planillas de campo donde se registraron tanto la descripción a nivel de paisaje como las especies indicadoras figuran en el anexo.

Tabla 1. Atributos ambientales y estructurales de la vegetación que se registraron dentro de las parcelas de 5x5 m.

Atributos Ambientales	
Atributo	Descripción
% rocosidad	Porcentaje de roca expuesta a la superficie dentro del cuadrante.
% pedregosidad	Porcentaje de piedras sueltas dentro del cuadrante.
% suelo desnudo	Porcentaje de suelo sin cobertura vegetal.
% y tipo de bosta	Identidad y porcentaje del área que ocupa la bosta.
Atributos estructurales de la vegetación	
Atributo	Descripción
% e identidad de especies anuales	Porcentaje de cobertura de todas las especies anuales presentes.
% e identidad de especies invasoras exóticas	Porcentaje de cobertura de las 5 especies invasoras exóticas de pastizal más importantes (<i>Cynodon dactylon</i> , <i>Lolium multiflorum</i> , <i>Senecio madagascariense</i> , <i>Ulex europaeus</i> , <i>Eragrostis plana</i>)
% gramíneas	Porcentaje de gramíneas en la cobertura vegetal del estrato basal.
Altura promedio de cada estrato	Altura promedio de cada estrato de vegetación.
Cobertura de cada estrato	Porcentaje de la superficie cubierta por cada estrato de la vegetación.
Nº de especies decrecientes en pastoreo	Número de especies decrecientes en pastoreo (<i>Bromus auleticus</i> , <i>Calamagrostis viridiflavescens</i> , <i>Paspalum plicatulum</i> , <i>Coelorachis selloana</i> , <i>Melica brasiliensis</i> , <i>Poa lanigera</i> y <i>Stipa nessiana</i>).
Especies dominantes de cada estrato	Número e identidad de las especies que explican el 50% de la cobertura vegetal del estrato basal (E1) y del segundo estrato (E2).

Análisis de datos

En la Tabla 1 se muestran los indicadores estructurales y ambientales registrados de acuerdo a lo planteado en el Proyecto FPTA305: "Caracterización de estados del campo natural en sistemas ganaderos de Uruguay: definición y uso de indicadores de condición como herramientas de manejo". La identidad de las especies decrecientes en presencia de pastoreo fueron determinadas por Cayssials (2010), éstas fueron: *Bromus auleticus*, *Calamagrostis viridiflavescens*, *Paspalum plicatulum*, *Coelorachis selloana*, *Melica brasiliana*, *Poa lanigera* y *Stipa nessiana*.

Se construyó una matriz para cada comunidad con los valores promedio y en algunos casos con la moda de los atributos estructurales de los tres cuadrantes por cada píxel. Las filas de cada matriz corresponden a los píxeles muestreados y las columnas a los atributos estructurales de la vegetación. Para la identificación de los distintos "estados" de cada una de las comunidades se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) (PCord 4 McCune & Mefford, 1999). Dado que las coberturas de los estratos no se superponían y por lo tanto eran porcentajes complementarios se realizó el PCA solo con el valor correspondiente a cobertura del estrato 1, excluyendo los valores de cobertura del estrato 2.

También se realizó un análisis de la composición de las especies dominantes del estrato 1 o estrato basal y estrato 2. Las especies se agruparon en 12 Tipos Funcionales de Plantas (TFP) que corresponden a Gramíneas Estivales Erectas (GEE), Gramíneas Estivales Postradas (GEP), Gramíneas Estivales formadoras de Maciegas (GEM), Gramíneas Invernales (GI), Gramíneas Invernales formadoras de Maciegas (GIM), Graminoides (Gr), Hierbas perennes Roseta (HR), Otros (algas y musgos), Arbustos (A), Subarbustos (Sa), Hierbas perennes Erectas (HE) y Hierbas Anuales (HA). A partir de esta agrupación de especies se construyó una matriz de frecuencias de TFPs para cada uno de los estados definidos en cada comunidad. En el caso de que un tipo funcional haya estado presente en los tres cuadrantes de un píxel se le asignaba el valor 3, si estaba en dos de los tres cuadrantes el valor asignado era 2 y si sólo estaba representado en un cuadrante el valor asignado era 1. A partir de la matriz formada se hicieron promedios correspondientes a cada estado, es por esto que el máximo valor de frecuencia de un tipo funcional fue de 3. Se realizó un Análisis Discriminante donde los estados eran la variable a agrupar y los TFPs las variables independientes,

con el fin de determinar si los TFPs permiten diferenciar estados. Además, se realizó un Análisis Discriminante con las variables ambientales (% de rocosidad, % de pedregosidad, pendiente, macrotopografía) para asegurarnos que los estados no están siendo separados por las mismas sino fundamentalmente por las acciones de manejo. Para ello se utilizó el programa Statistica (Stat Soft, Inc, 2007).

Resultados

Comunidad de Pastizales ralos de Sierras del Este

Se muestrearon un total de 23 píxeles (27% del total para la región) correspondientes a esta comunidad entre junio y octubre del 2015. A partir del PCA se lograron identificar 2 agrupaciones de píxeles (A y B), éstas podrían estar representando diferentes estados de condición del pastizal. En muchos casos no se pudieron muestrear los píxeles seleccionados debido a que los pastizales que ocupaban los mismos habían sido reemplazados por monocultivos o o que por el alto grado de invasión por especies exóticas no podían ser considerados pastizales naturales. El componente 1 del PCA explicó el 26.67% de la varianza y el componente 2 explicó el 21.93%. La probabilidad de encontrar cada uno de los estados es de 69.56% (16 píxeles) para el estado A y de 30,43% (7 píxeles) para el estado B (Figura 5). Los atributos que definen cada uno de los distintos estados fueron: para el *Estado A*, porcentaje de gramíneas, altura del estrato 2, cobertura del estrato 1 y altura de estrato 1; y para el *Estado B*, el porcentaje de suelo desnudo.

Estado A

Este estado se caracteriza por tener un estrato bajo con una altura promedio de 4,8 cm con 77,3 % de cobertura de gramíneas. El estrato bajo fue dominado por cuatro especies en la mayoría de las parcelas con *Piptochaetium montevidense*, *Paspalum notatum* y *Richardia humistrata* como las más representativas. La cobertura promedio del estrato 1 es aproximadamente del 84%, sin embargo se registraron píxeles donde la cobertura de este estrato fue del 100%. El segundo estrato más alto, ocupa aproximadamente un 16% y está compuesto principalmente por subarbustos. Las especies

dominantes del estrato 2 fueron, *Baccharis ochracea*, *Baccharis coridifolia*, *Eryngium horridum* y *Baccharis trimera*. Este estado tiene un número promedio de especies decrecientes en condiciones de pastoreo de 0,5. El porcentaje de suelo desnudo tiene un valor promedio de 1,3%. El porcentaje promedio de cobertura de especies exóticas invasoras para este estado fue de 0,4%. Los valores de estos atributos junto con sus desvíos pueden verse en la Tabla 2.

Estado B

Este estado está representado por pastizales que poseen un alto porcentaje de suelo desnudo ($5,5 \pm 3,5$) y un estrato inferior con una altura promedio de 2,5 cm. Este estado tiene menor cobertura del estrato 1 que el *Estado A* ($71,2 \pm 9,2\%$). Las especies dominantes del estrato bajo por lo general fueron tres y las especies más representadas fueron: la gramínea erecta *Piptochaetium montevidense*, la gramínea postrada *Axonopus affinis* y la hierba en roseta *Chevreulia sarmentosa*. El estrato 2 con una cobertura aproximada del 30% tiene entre sus especies dominantes a la gramínea formadora de maciegas *Aristida filifolia*, y a los subarbustos *Eryngium horridum* y *Baccharis coridifolia*. El estrato bajo posee un porcentaje promedio de gramíneas del 56,9. El porcentaje de especies invasoras exóticas fue menor a la del Estado A con una cobertura promedio de 0,3%, mientras que el número de especies decrecientes en pastoreo fue menor (0,4). El porcentaje de cobertura de especies anuales, la altura del estrato 2 y el número de especies dominantes del estrato 2 no mostraron diferencias importantes entre los dos estados. Los valores de estos atributos junto con sus desvíos pueden verse en la Tabla 2.

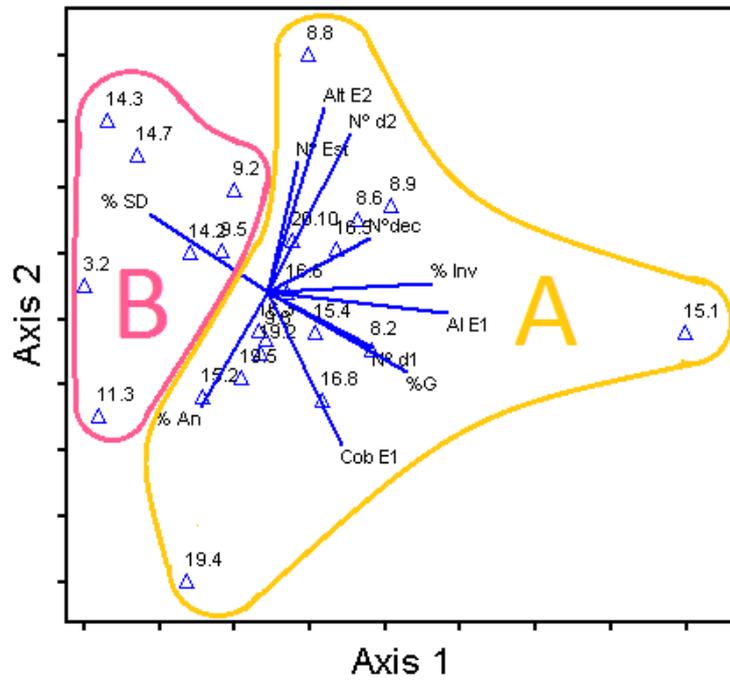


Figura 5. Análisis de Componentes Principales donde se observan los 2 estados de condición correspondientes a la comunidad de Pastizales Ralos de Sierras del Este. Los números en el gráfico corresponden a los códigos de los píxeles muestreados. Porcentaje de especies anuales (% An), porcentaje de suelo desnudo (% SD), porcentaje de especies invasoras exóticas (% Inv), porcentaje de gramíneas (% G), altura estrato 1 (AI E1), altura estrato 2 (Alt E2), número de especies decrecientes en pastoreo (Nº dec), cobertura de estrato 1 (Cob E1), cobertura de estrato 2 (Cob E2), número de estratos (Nº est), número de especies dominantes del estrato 1 (Nº d1), número de especies dominantes del estrato 2 (Nº d2).

Tabla 2. Valores promedio y desvío estándar de 11 indicadores estructurales de la vegetación correspondientes a los dos estados definidos para la comunidad de Pastizales Ralos de Sierras del Este. Porcentaje de especies anuales (% An), porcentaje de suelo desnudo (% SD), porcentaje de especies invasoras exóticas (% Inv), porcentaje de gramíneas (% G), altura estrato 1 (Al E1), altura estrato 2 (Alt E2), número de especies decrecientes en pastoreo (Nº dec), cobertura de estrato 1 (Cob E1), cobertura de estrato 2 (Cob E2), número de estratos (Nº est), número de especies dominantes del estrato 1 (Nº d1), número de especies dominantes del estrato 2 (Nº d2).

Atributos	Estado A		Estado B	
	Media	DE	Media	DE
Nº Est	2,00	0,25	2,00	0,00
Al E1	4,82	2,92	2,48	0,42
Alt E2	26,41	12,08	23,62	5,32
Cob E1	83,81	17,11	71,24	9,26
% SD	1,29	1,14	5,49	3,56
%G	77,38	10,84	55,95	9,22
% An	0,54	0,77	0,52	1,12
% Inv	0,41	0,82	0,29	0,34
Nº d1	4,19	0,53	3,29	0,59
Nº d2	2,51	0,79	2,33	0,88
Nºdec	0,52	0,47	0,38	0,30



Figura 6. Fotografías representativas de los estados A (izquierda) y B (derecha) de la comunidad de Pastizales Ralos.

El Análisis Discriminante indicó diferencias marginalmente significativas ($F=2,437$; $p=0,084$) entre los espectros de TFPs de los distintos estados (Tabla 3). Estas diferencias se explican por la frecuencia de los arbustos ($F=8,419992$; $p=0,015787$), gramíneas estivales formadoras de maciegas ($F=3,506508$; $p=0,090625$) y otros ($F=1,762159$; $p=0,081131$) (Figura 7). La distancia de Mahalanobis entre el Estado A y B fue 12,61. La frecuencia de los arbustos para el *Estado A* fue cero, mientras que para el *Estado B* fue de $0,4 \pm 1,1$. Los arbustos fueron en todos los casos representados por la especie *Acanthostyles buniifolius*, conocida como “chirca común”, formando parte del segundo estrato. La frecuencia de las gramíneas estivales formadoras de maciegas fue de $0,5 \pm 0,8$ para el *Estado A*, y de $1,4 \pm 1,4$ para el *Estado B*. Principalmente para ambos estados estuvieron representadas por *Aristida filifolia*, a excepción de un píxel del *Estado A* con presencia de *Paspalum quadrifarium*. El TFPs “Otros” tuvo una frecuencia promedio de $0,3 \pm 0,5$ para el *Estado A*, y de $0,1 \pm 0,4$ para el *Estado B*. En el Estado A estuvo representado por *Selaginella sellowii* y líquenes, mientras que para el *Estado B* solo por *Selaginella sellowii*.

Tabla 3. Análisis discriminante de los TFPs para los dos estados definidos en la comunidad de Pastizales Ralos. Gramíneas Estivales Erectas (GEE), Gramíneas Estivales Postradas (GEP), Gramíneas Estivales formadoras de Maciegas (GEM), Gramíneas Invernales (GI), Gramíneas Invernales formadoras de Maciegas (GIM), Graminoides (Gr), Hierbas perennes Roseta (HR), Otros (algas y musgos), Arbustos (A), Subarbustos (Sa), Hierbas perennes Erectas (HE) y Hierbas Anuales (HA).

TFPs	F	p
GEE	1,947484	0,193071
GEP	0,137349	0,718660
GEM	3,506508	0,090625
GI	2,247138	0,164751
GIM	0,406066	0,538288
Gr	0,022248	0,884394
HR	0,842842	0,380195
O	3,762159	0,081131
A	8,419992	0,015787
Sa	1,770993	0,212805
HE	0,703709	0,421140
HA	0,963827	0,349380

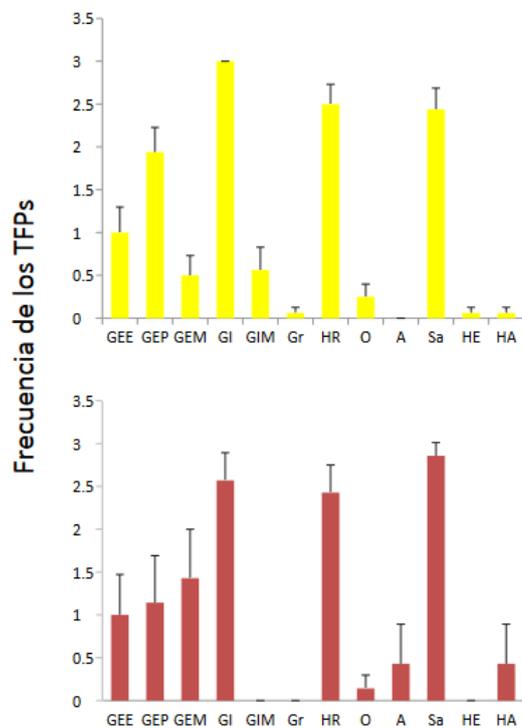


Figura 7. Distribución de frecuencias de Tipos funcionales de plantas (TFPs) de cada uno de los estados de condición (A y B) correspondientes a la comunidad de Pastizales Ralos de Sierras del Este. Gramíneas Estivales Erectas (GEE), Gramíneas Estivales Postradas (GEP), Gramíneas Estivales formadoras de Maciegas (GEM), Gramíneas Invernales (GI), Gramíneas Invernales formadoras de Maciegas (GIM), Graminoides (Gr), Hierbas perennes Roseta (HR), Otros (algas y musgos), Arbustos (A), Subarbustos (Sa), Hierbas perennes Erectas (HE) y Hierbas Anuales (HA). Las barras representan el desvío estándar.

El resultado del análisis discriminante con las variables ambientales correspondientes a cada estado para esta comunidad no mostró que los estados se diferencien por estas variables ($F = 1.4837$; $p = 0.2487$) (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis Discriminante con las variables ambientales de los dos estados definidos en la comunidad de Pastizales Ralos de Sierras del Este.

Var. Ambiental	F	p
% Rocosidad	3,354096	0,083641
% Pedregosidad	1,276377	0,237405
Pendiente	0,016718	0,898557
Macrotopografía	0,293082	0,594890

Comunidad de Pastizales densos de Sierras del Este

Se muestrearon un total de 62 píxeles correspondientes a esta comunidad. A partir del PCA se lograron identificar 3 grupos de píxeles (A, B y C), estos podrían estar representando los diferentes estados de condición del pastizal. El componente 1 del PCA explicó el 21,62% de la varianza y el componente 2 el 18,45% (Figura 8). La probabilidad de encontrar cada uno de los estados fue: 50% (31 píxeles) para el estado A, 27,42% (17 píxeles) para el *Estado B* y 22,58% (14 píxeles) para el estado C.

Los atributos que definieron los distintos estados fueron: para el Estado A, proporción de gramíneas y cobertura del estrato 1; para el Estado B, cobertura del estrato 2 y número de especies dominantes del estrato 2; y para el *Estado C*, porcentaje de suelo desnudo.

Estado A

Este estado se caracteriza por tener la mayor altura promedio del estrato 1 ($5,4 \pm 3,2$ cm), principalmente dominado por gramíneas ya que contó con el porcentaje más alto para la comunidad Sierras 2 ($90.8 \pm 6,9$ %). Las especies dominantes de este estrato fueron por lo general 3, representadas principalmente por gramíneas postradas como *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum*, la gramínea invernal *Piptochaetium montevidense* y hierbas del género *Oxalis*. Otro atributo

característico de este estado es que presentó el mayor valor de especies decrecientes en pastoreo ($0,9 \pm 0,7$). Por otra parte este estado presenta el mayor porcentaje de especies exóticas invasoras ($6,7 \pm 11,3 \%$), principalmente representado por la gramínea postrada de origen africano *Cynodon dactylon*. El porcentaje de cobertura de especies anuales para este estado fue el más bajo ($0,1 \pm 0,1\%$), principalmente representada por *Soliva pterosperma*. En lo que se refiere al segundo estrato, éste tiene una cobertura aproximada del 8% y una altura promedio de $26,7 \pm 11,6$ cm. El estrato 2 tiene además, un promedio de especies dominantes de $1,5 \pm 0,7$. Las especies con más representación en el estrato 2 fueron los subarbustos *Baccharis coridifolia*, *Baccharis trimera* y *Eryngium horridum*. Por último el porcentaje de suelo desnudo para este estado fue del $0,4 \pm 0,4 \%$. Los valores de los atributos estructurales pueden verse junto a sus desvíos en la Tabla 5.

Estado B

Este estado tiene como una de sus principales características contar con una cobertura del estrato 2 del 30,9%. La altura promedio de este segundo estrato es de $32,6 \pm 11,9$ cm y tiene como especies dominantes a los subarbustos *Baccharis trimera*, *Baccharis coridifolia*, *Baccharis articulata* y *Eryngium horridum*, y a la gramínea invernal formadora de maciegas *Stipa charruana*. En lo que refiere al estrato 1, éste posee una altura promedio de $3,8 \pm 1,3$ cm y el porcentaje de gramíneas fue de $71,7 \pm 12,2$. Las especies que dominan el estrato 1 fueron entre 3 y 4, siendo las principales representantes las gramíneas postradas *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum*, hierbas pertenecientes al género *Oxalis* y la gramínea invernal *Piptochaetium montevidense*. Otra característica de este estado es que posee el menor número de especies decrecientes en presencia de pastoreo ($0,4 \pm 0,4$), así como el menor promedio de cobertura de especies exóticas invasoras ($1,6 \pm 3,4 \%$). En lo que se refiere al porcentaje de especies anuales presentó un promedio del $0,1 \pm 0,2 \%$. El suelo desnudo para este estado tuvo el promedio más bajo de los tres estados ($0,3 \pm 0,3\%$). En la tabla 5 se muestran estos valores junto a sus desvíos.

Estado C

Este estado fue el que presentó mayor porcentaje de suelo desnudo ($1,1 \pm 0,8 \%$) y la menor altura promedio del estrato 1 ($2,5 \pm 0,9$ cm). Además la cobertura por parte de especies anuales también fue la más alta ($0,7 \pm 1,00 \%$). Otra característica que distingue a este estado es la de poseer mayor

número de especies dominantes para el estrato 1. Entre las especies dominantes más frecuentes para ese estrato se encontraron gramíneas postradas (*Axonopus affinis*, *Paspalum notatum*), gramíneas erectas (*Piptochaetium montevidense*) y hierbas (*Oxalis* sp). El porcentaje de gramíneas fue de $74,1 \pm 10,4\%$. Presenta un estrato 2 con una cobertura aproximada de 5%, cuya altura promedio fue la más baja ($18,9 \pm 6,8$ cm). Dentro de las especies que dominan el estrato 2 se encuentran los subarbustos *Baccharis trimera*, *Eryngium horridum*, *Baccharis coridifolia* y la gramínea estival *Sporobolus indicus*. Las especies exóticas invasoras están presentes en este estado con una cobertura de $3,0 \pm 4,9 \%$. El número de especies decrecientes en pastoreo fue de $0,4 \pm 0,4$. Los valores de estos atributos y sus desvíos se muestran más adelante en la Tabla 5.

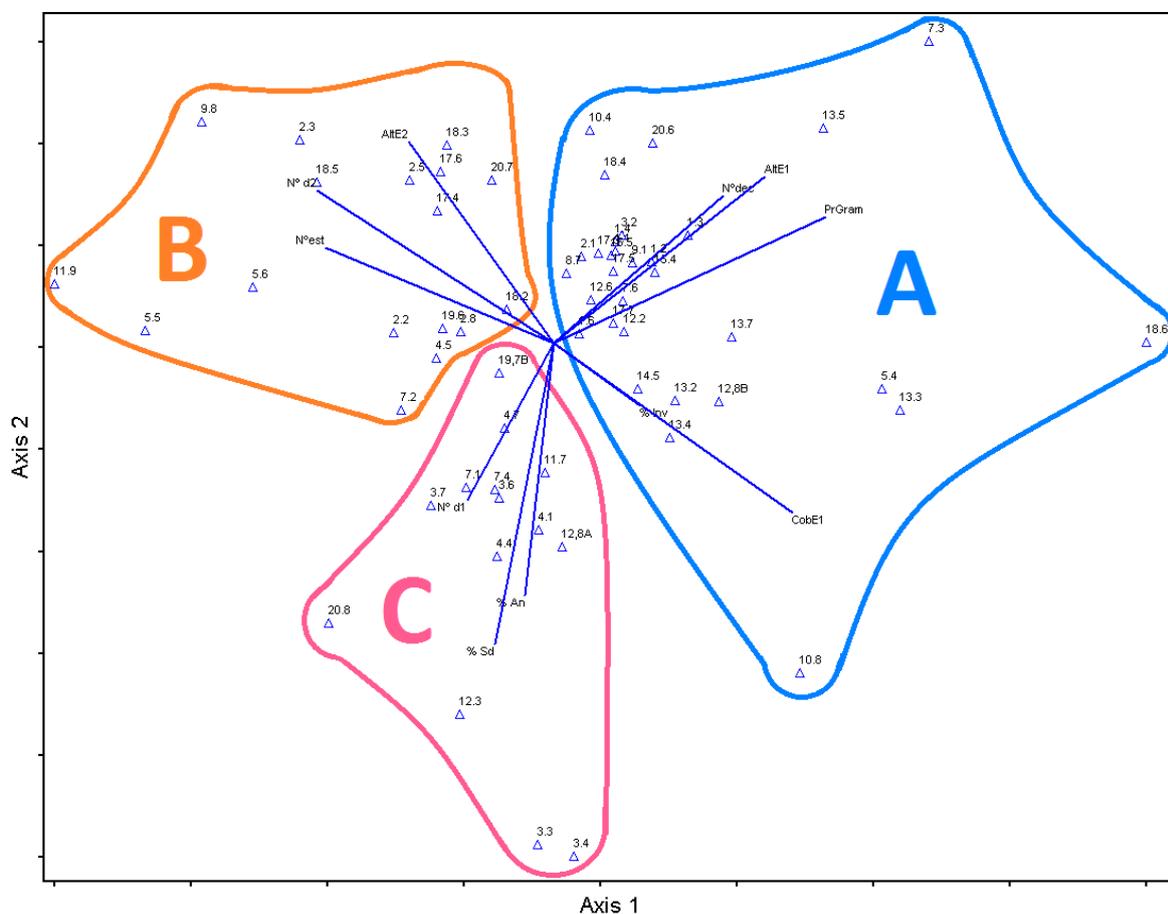


Figura 8. Análisis de Componentes Principales donde se observan los 3 estados de condición correspondientes a la comunidad de Pastizales Densos de Sierras del Este. Los números en el gráfico corresponden a los códigos de los píxeles muestreados. Porcentaje de

especies anuales (% An), porcentaje de suelo desnudo (% SD), porcentaje de especies invasoras exóticas (% Inv), porcentaje de gramíneas (% G), altura estrato 1 (Alt E1), altura estrato 2 (Alt E2), número de especies decrecientes en pastoreo (N° dec), cobertura de estrato (Cob E1), cobertura de estrato 2 (Cob E2), número de estratos (N° est), número de especies dominantes del estrato 1 (N° d1), número de especies dominantes del estrato 2 (N° d2).

Tabla 5. Valores promedio y desvío estandard de 11 atributos estructurales de la vegetación correspondientes a los tres estados definidos para la comunidad de Pastizales densos de Sierras del Este. Número de estratos (N° est), altura estrato 1 (Alt E1), altura estrato 2 (Alt E2), cobertura de estrato 1 (Cob E1), porcentaje de suelo desnudo (% SD), porcentaje de gramíneas (% G), porcentaje de especies anuales (% An), porcentaje de especies invasoras exóticas (% Inv), número de especies dominantes del estrato 1 (N° d1), número de especies dominantes del estrato 2 (N° d2) y número de especies decrecientes en pastoreo (N° dec).

Atributos	Estado A		Estado B		Estado C	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
N°est	2,00	0,34	2,00	0,24	2,00	0,00
AltE1	5,42	3,17	3,80	1,32	2,54	0,95
AltE2	26,74	11,61	32,57	11,87	18,88	6,78
CobE1	92,65	7,33	69,10	16,95	94,76	2,63
% Sd	0,37	0,39	0,29	0,33	1,13	0,84
%Gram	90,81	6,91	71,73	12,25	74,07	10,43
% An	0,06	0,13	0,13	0,19	0,77	0,98
% Inv	6,76	11,34	1,60	3,39	3,00	4,91
N° d1	3,14	0,66	3,43	0,81	4,00	1,25
N° d2	1,52	0,68	2,61	1,10	1,67	0,64
N°dec	0,94	0,71	0,41	0,40	0,45	0,45



Figura 9. Fotografías representativas de los estados A, B y C de la comunidad de Pastizales densos de Sierras del Este.

Los espectros de TFPs discriminaron entre los estados, en particular se diferenci6 el Estado A del B y del C (Tablas 6, 7 y 8) ($F= 2.871$; $P<0.001$). Las diferencias se explican por las frecuencias de las Hierbas en Roseta (HR) y las Gramíneas Invernales formadoras de Maciegas (GIM). Las hierbas en roseta tuvieron una frecuencia de $0.9 \pm 1,1$ para el Estado A, $2.1 \pm 1,3$ para el B, y $2.8 \pm 0,4$ para el C. La frecuencia de las Gramíneas Invernales formadoras de Maciegas fue de $0.09 \pm 0,30$ para el Estado A, $0.6 \pm 1,2$ para el Estado B y de $0.1 \pm 0,4$ para el Estado C. En todos los casos solo una especie correspondió a este TFP (*Stipa charruana*), siempre formando parte del segundo estrato.

Tabla 6. Análisis Discriminante con los TFPs para los tres estados definidos en la comunidad de Pastizales densos de Sierras del Este. Gramíneas Estivales Erectas (GEE), Gramíneas Estivales Postradas (GEP), Graminoides (Gr), Hierbas perennes Roseta (HR), Gramíneas Invernales (GI), Gramíneas Estivales formadoras de Maciegas (GEM), Subarbustos (Sa), Arbustos (A) y Gramíneas Invernales formadoras de Maciegas (GIM).

TFPs	F	p
GEE	0,64514	0,528815
GEP	0,27642	0,759625
Gr	1,93576	0,154772
HR	16,77791	0,000003
GI	1,08979	0,343989
GEM	0,64559	0,528585
Sa	0,55849	0,575532
A	0,12097	0,886311
GIM	3,70397	0,031478

Tabla 7. Distancias de Mahalanobis entre los Estados de la comunidad de Pastizales Densos obtenidas del Análisis Discriminante con los Tipos Funcionales de Plantas (TFPs) como variables independientes y los estados como variables a agrupar.

	Estado A	Estado B	Estado C
Estado A	0	3,190063	3,7518
Estado B		0	2,236348
Estado C			0

Tabla 8. Valores p obtenidos del Análisis Discriminante con los Tipos Funcionales de Plantas correspondientes a los dos estados definidos en la comunidad de Pastizales Densos.

	Estado A	Estado B	Estado C
Estado A	0	0,00265	0,002065
Estado B		0	0,126423
Estado C			0

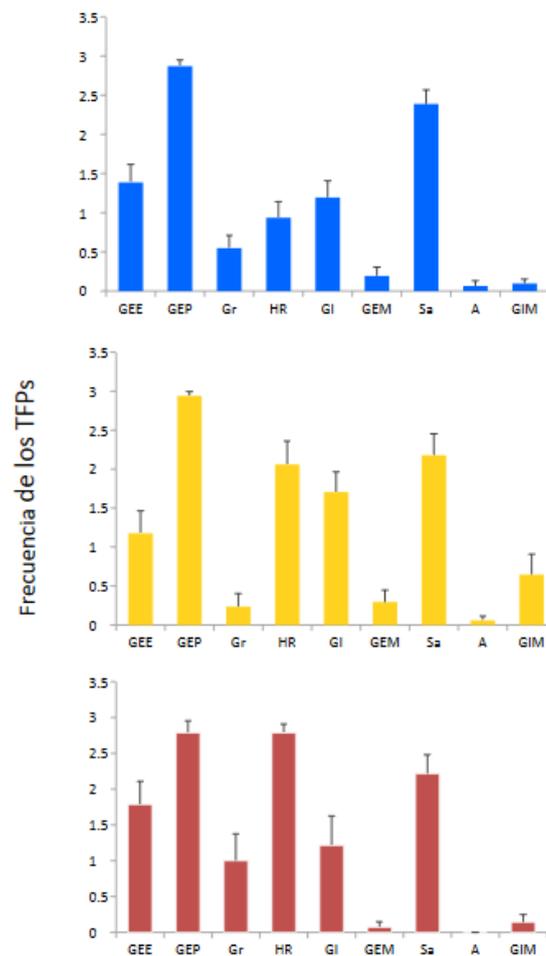


Figura 10. Distribución de frecuencias de Tipos funcionales de plantas (TFPs) de cada uno de los estados de condición correspondientes a la comunidad de Pastizales Densos de Sierras del Este. Gramíneas Estivales Erectas (GEE), Gramíneas Estivales Postradas (GEP), Graminoides (Gr), Hierbas perennes Roseta (HR), Gramíneas Invernales (GI), Gramíneas Estivales formadoras de Maciegas (GEM), Subarbustos (Sa), Arbustos (A) y Gramíneas Invernales formadoras de Maciegas (GIM). Las barras indican el desvío estándar.

El resultado del Análisis discriminante con las variables ambientales para esta comunidad no mostró diferencias significativas ($F= 0.448$; $P= 0.889$) entre los estados de condición explicadas por estas variables (Tabla 9).

Tabla 9. Resultado del análisis discriminante de las variables ambientales para los tres estados definidos en la comunidad de Pastizales densos de Sierras del Este.

Var. Ambiental	F	p
% Roccosidad	0,611114	0,546672
% Pedregosidad	0,256495	0,774751
Pendiente	0,279559	0,757269
Macrotopografía	0,956375	0,391067

Discusión

Un primer resultado que surge de los datos es el diagnóstico objetivo del grado de conservación de los pastizales de las Sierras del Este. Los resultados reflejan que ambas comunidades descritas para esta región presentan señales claras de deterioro. Un 24% del total de píxeles muestreados entre las dos comunidades corresponde a los estados de condición más deteriorados. Muestra de ello fue el valor que presenta la altura del estrato inferior que en ninguno de los estados en promedio superó los 6 cm. Además, se registró un bajo número de especies decrecientes en ambas comunidades y en algunos estados el porcentaje de suelo desnudo presentó valores muy elevados. Otro factor que contribuye a explicar este patrón es el déficit hídrico del año de muestreo. En los 7 meses previos a la toma de datos, se registró para la región un 25% menos de precipitaciones que el promedio del período 2000-2016, lo que tuvo como consecuencia una sequía que se extendió hasta el segundo mes de muestreo. Si bien luego de este segundo mes aumentaron las precipitaciones, es probable que los pastizales no se hayan recuperado totalmente. Según Westoby *et al* (1989) la sequía, de la misma manera que el pastoreo, genera una presión opuesta a la tendencia sucesional, dirigiendo a la comunidad hacia un estado más deteriorado (Figura 1, B).

La metodología empleada permitió identificar diferencias sutiles en los atributos estructurales de la vegetación correspondiente a ambas comunidades. Es por esta razón que los estados definidos no representarían necesariamente los “*estados*” en el sentido estricto según la definición de Westoby *et al.* (1989), sino más bien podrían estar representando distintas “*fases*” dentro de un solo estado en cada una de las comunidades. Probablemente no se haya atravesado un verdadero umbral de cambio de estado y por lo tanto las transiciones entre estas fases podrían ser reversibles y no implicarían, al menos en la mayoría de ellas, grandes costos a nivel de manejo o demasiado tiempo desde el punto de vista ecológico.

Otro aspecto que hay que tener en cuenta es que el número de especies decrecientes y la cobertura por parte de las especies anuales fueron variables que no tuvieron una relevancia significativa a la hora de definir los estados posiblemente debido a los bajos valores registrados y sus altos desvíos. Una explicación del bajo número de especies anuales registrado es que los momentos de muestreo (junio-octubre) corresponden a la etapa inicial del ciclo de vida de la mayor parte de estas especies, alcanzando su mayor desarrollo en noviembre.

Comunidad de Pastizales Ralos de Sierras del Este

Las diferencias entre los atributos estructurales permitieron distinguir entre dos estados de condición para esta comunidad. Debido a los valores que presentan las variables para cada estado podemos inferir que el *Estado A* corresponde a pastizales que se encuentran bajo menor presión de pastoreo que los que corresponden al *Estado B*. A continuación se analizarán uno por uno los atributos con el fin de justificar esta inferencia.

Altura de la vegetación

Se ha reportado que en sitios pastoreados la mayor parte de la biomasa se acumula en el estrato más bajo, cerca del nivel del suelo (estrato 1), y que a su vez, el aumento de la presión de pastoreo produce una drástica reducción de la altura de este estrato (McNaughton 1984). Además, la altura del estrato 1 está relacionada con el tipo de pastoreo (lanar/vacuno/mixto), en pastizales bajo pastoreo mixto la relación lanar/vacuno es inversamente proporcional a la altura del estrato 1, es

decir, a medida que aumenta la carga ovina, disminuye la altura del forraje (Formoso & Pereira, 2008). Esto nos hace pensar que el *Estado B* representa a pastizales con una mayor carga de ganado, mayor relación lanar/vacuno o ambas. La altura del estrato 2, por otro lado, no mostró diferencias importantes entre los estados, sin embargo la cobertura del mismo tuvo un valor mayor en el *Estado B*. Este valor también podría estar relacionado con la relación lanar/vacuno, ya que según Formoso (2010), una mayor proporción de ganado bovino produce la colonización de especies subarbutivas. Aunque por otro lado, existe la idea que una relación lanar/vacuno mayor a 1 promueve el doble estrato, ya que las ovejas son más selectivas que las vacas (Montossi *et al.* 1998). Sin embargo esa selectividad depende de la cantidad de forraje disponible. Por lo tanto deberíamos contar con más información en este aspecto para poder sacar conclusiones válidas sobre el manejo relacionado con este atributo.

Suelo desnudo

Se ha reportado en varios trabajos que el pisoteo y la defoliación por parte de los animales produce el aumento de suelo desnudo (Grubb, 1977; Selva *et al.* 1995; Bullock y Pakeman, 1996; Lenzi-Grillini *et al.* 1996; Manseau *et al.* 1996; Watt *et al.* 1996). Los resultados evidencian un mayor grado de pastoreo en los pastizales que corresponden al *Estado B* ya que este posee un mayor porcentaje de suelo desnudo. La falta de cobertura vegetal en áreas pastoreadas provoca efectos negativos ya que favorece la compactación de la capa superior de los suelos. Cuando esto ocurre, el nivel de materia orgánica se reduce y se destruye la estructura y su estabilidad, ya que favorece el escurrimiento superficial y, en consecuencia, los procesos erosivos que hacen insostenible la producción ganadera (Senra, 2009). Por otra parte el suelo desnudo favorece el establecimiento de especies exóticas invasoras (Bresciano *et al.* 2014).

Porcentaje de gramíneas

Altesor *et al.* (1998) publicaron un artículo que muestra los resultados de un experimento en el establecimiento Palleros, Cerro Largo, sobre los cambios en la composición de especies luego de 55

años de pastoreo continuo (1935-1990). El resultado de este estudio a largo plazo mostró una disminución notable de la calidad forrajera de las parcelas analizadas. En 1935 el 79% de las especies registradas pertenecían a la familia de las gramíneas (Poaceae), mientras que en 1990 éstas alcanzaban sólo el 48%. Además se detectó la pérdida de pastos palatables y un aumento de hierbas postradas o en roseta ya que éstas poseen mecanismos físicos (hojas pequeñas y estructuras de almacenamiento cerca del suelo) que le permiten evadir la herbivoría (Altesor *et al.* 1998). Al observar estos resultados y compararlos con los valores del porcentaje de gramíneas de los estados A y B, encontramos coincidencias que reafirman la idea de que el *Estado B* se encuentra en un grado más avanzado de deterioro por consecuencia del pastoreo y condiciones climáticas. El porcentaje de gramíneas en el *Estado A* fue de $77 \pm 11\%$ mientras que para el Estado B fue de $56 \pm 9\%$.

Porcentaje de especies anuales

Varios estudios han reportado el aumento de las especies anuales con el pastoreo (Sala *et al.* 1986; Pucheta *et al.* 1998). Este aumento se debe a que las especies anuales asignan todos los recursos a la reproducción y evaden así al pastoreo durante los períodos desfavorables, mientras que las plantas perennes permanecen expuestas. Además, la mayor asignación reproductiva de las especies anuales significa una mayor producción de semillas capaces de colonizar debido a las oportunidades que confiere el disturbio generado por el ganado (Cayssials, 2010). Sin embargo, no hubo gran diferencia entre los estados para este atributo, probablemente consecuencia de las pocas especies anuales registradas para esta comunidad.

Especies exóticas invasoras

La cobertura de especies exóticas invasoras para esta comunidad fue muy baja, ya que no alcanzó el 1%. Según Bresciano *et al.* (2014) las Sierras del Este y la Cuesta Basáltica son las regiones con menor riqueza de plantas exóticas y son las que presentan el menor porcentaje de transformación en el uso del suelo, lo que significa una menor presión de propágulos. La diferencia del porcentaje de invasoras entre los dos estados fue muy baja, siendo el *Estado A* el que presentó mayor valor.

Esto puede deberse a la relación positiva encontrada para la región entre la cobertura vegetal y la riqueza total de exóticas, lo que estaría sugiriendo que la productividad podría ser un factor que favorece la invasión (Bresciano *et al.* 2014).

Especies dominantes

Varios trabajos (Altesor *et al.* 2006; Rodríguez y Cayssials, 2011; Lezama *et al.* 2014) reportaron que el pastoreo provoca un aumento de la riqueza y diversidad de especies. El consumo diferencial, el pisoteo y la deposición de heces y orina por parte del ganado, podrían ser los causantes de dicho aumento. Paine (1966) menciona que en ausencia de una perturbación existe un “ganador” en la competencia por espacio y el sistema local tiende hacia la simplicidad. La herbivoría por parte del ganado (perturbación) controlaría, en el caso de pastizales pastoreados, la abundancia de especies competitivamente dominantes favoreciendo la coexistencia de las especies subordinadas. La perturbación generada por el pastoreo genera sitios que pueden ser colonizados por especies con menor capacidad de dispersión y de crecimiento más lento, que en el caso de aumentar la frecuencia de disturbios quedarían excluidas. A menor frecuencia o intensidad de perturbación la diversidad disminuye ya que el competidor más eficiente en explotar los recursos limitantes eliminará al resto. En el otro extremo, cuando la intensidad y la frecuencia de las perturbaciones aumentan, también disminuye la diversidad, ya que sólo persistirán aquellas especies más adaptadas a la perturbación o con mecanismos de defensa (Connell, 1978). Esto nos hace suponer que el *Estado A* se encuentra a menor intensidad de perturbación que el *Estado B*, ya que el Estado A posee 4 especies dominantes del estrato bajo y el *Estado B* solo tres. El número de dominantes del estrato 2 no mostró diferencias entre los estados. En este trabajo sin embargo, sólo podemos discutir acerca de las especies dominantes, ya que no se realizaron censos que registren la riqueza total.

Especies decrecientes

Otro de los efectos del pastoreo son los cambios en la composición de especies y TFPs. Generalmente cuando existe pastoreo continuo se produce el reemplazo de especies erectas por

especies postradas. Rodríguez *et al.* (2003) observaron que los principales cambios ocurrieron en el grupo de graminoideas (gramíneas, ciperáceas y juncáceas), siendo las gramíneas típicas de pastoreo o especies crecientes, aquellas de crecimiento postrado (*Paspalum notatum* y *Axonopus affinis*) y erecto de bajo porte (*Botriochloa laguroides*) o erecto no apetecida por el ganado (*Sporobolus platensis*). Por otra parte, la exclusión del pastoreo favorece a las especies decrecientes, especies de hábito erecto y muy apetecidas que pueden tener metabolismo fotosintético C₄ (*Coelorachis selloana*) o C₃ (*Stipa nessiana*, *Piptochaetium stipoides*, *Bromus auleticus*, *Melica rigida* y *Piptochaetium bicolor*). En lo que refiere a este trabajo, el número de especies decrecientes, si bien fue mayor para el Estado A que para el Estado B, ambos mostraron un valor muy bajo, con promedios menores a 1 y altos desvíos, lo que hace suponer que los dos estados corresponden a pastizales con una larga historia de pastoreo continuo y altas cargas.

Tipos funcionales de plantas

La agrupación de las especies dominantes de cada estrato en distintos tipos funcionales y posteriormente el análisis discriminante para los estados definidos en base a atributos estructurales fue útil y marcó diferencias entre estados. Las diferencias entre estados se explicaron por la frecuencia de arbustos, gramíneas estivales formadoras de maciegas y otros. Según Rosengurtt (1979) la “chirca común” (*Acanthostyles buniifolius*), a pesar de ser una especie que habitualmente se encuentra en exclusiones o en zonas que han sido laboreadas y luego abandonadas, en zonas de pastoreo se caracteriza por tener una alta productividad y es muy apetecida en su etapa juvenil por los ovinos concentrándose en los primeros 10 cm de altura. Por esta razón, se supone que la herbivoría podría actuar como control poblacional de este arbusto. El Estado B presentó mayor frecuencia de gramíneas formadoras de maciegas (1,4) que el Estado A (0,5). Fue representado principalmente por *Aristida filifolia* formando siempre parte del segundo estrato. Según Lezama *et al* (2006), la *Aristida filifolia* es una especie importante en cuanto a su abundancia en las Sierras del Este. Probablemente la mayor frecuencia de estas en el Estado B se deba a que dicho estado cuenta con mayor cobertura de estrato 2. El TFPs denominado “otros” estuvo representado por *Selaginella sellowii* y fue mayor en el Estado A (0,3) que en el B (0,1). Según Lezama *et al* (2006), esta

especie es indicadora de una de las comunidades de la region de la Cuesta Basáltica, asociada a sitios planos de exportación de materiales, ubicada sobre laderas altas y medias con altos porcentajes de rocosidad y pedregosidad.

Las diferencias entre los estados definidos no parecen ser lo suficientemente grandes como para que podamos asegurar que se ha atravesado un umbral, ya que a partir de medidas de manejo, se podría reducir la distancia entre las variables. Los distintos tratamientos que se podrían aplicar, por ejemplo variar la carga de ganado o dar descanso a los potreros, no implicaría grandes costos, como la utilización de maquinaria pesada, o la transformación de los suelos. Por esta razón podemos suponer que ambos estados se encuentran dentro de un mismo dominio de atracción, siendo los pastizales del *Estado A*, los que se encuentran en mejor estado de condición. Podemos suponer también que los pastizales del *Estado B* al poseer alto porcentaje de suelo desnudo y tan escasa altura del estrato 1, podrían estar cerca de atravesar un umbral en el caso de mantener el mismo régimen de pastoreo, debido a que si el porcentaje de suelo desnudo sigue aumentando se podría pasar a un estado con un suelo totalmente erosionado y con escasez de nutrientes. Los estados se definieron a partir de un muestreo aleatorio, por lo cual estados menos representados en el espacio pueden no haber sido relevados. Por lo tanto, es probable que existan otros estados en mejores condiciones que los descritos en este trabajo, puesto que ambos estados, en definitiva, presentan características asociadas a pastizales sobrepastoreados.

Comunidad de Pastizales Densos de Sierras del Este

En el caso de la comunidad correspondiente a los pastizales densos ubicados sobre suelos profundos y medios de las Sierras del Este, los análisis realizados permitieron identificar tres estados de condición. Los tres estados poseen diferencias en los atributos estructurales de la vegetación que los definen. El *Estado A*, parece ser el que presenta menos señales de degradación, seguido del *Estado B* y el *Estado C*. A continuación, al igual que se hizo para la comunidad de pastizales ralos, se discutirán una por una las variables que los distinguen.

Altura de la vegetación

En lo que refiere a la altura del estrato 1, el *Estado A* es el que posee mayor altura seguido del *B* y por último el *Estado C*. Como se mencionó anteriormente, la altura del estrato inferior es un claro indicador de sobrepastoreo además de ser indicador del tipo de pastoreo, ya que el ganado ovino provoca la disminución de la altura del forraje (Formoso & Pereira, 2008). Por lo tanto, si nos guiamos por esta variable podemos inferir que los pastizales del *Estado C* estarían sometidos a mayor carga animal, seguido del *B* y por último el *Estado A*. Además podemos suponer que los pastizales del *Estado C* poseen una mayor proporción de ovinos.

Cobertura de los estratos de vegetación

La cobertura del estrato 1, separa por un lado a los *Estados A* y *C*, con valores elevados (92 y 94% aproximadamente), del *Estado B* que presenta una cobertura cercana al 70%. El otro 30% está ocupado por el estrato 2, principalmente dominado por subarbustos del género *Baccharis*. Al alto valor de cobertura del estrato 2 correspondiente al *Estado B*, se le suma el alto valor de altura promedio de este estrato, posiblemente por poseer especies de mayor porte (*Baccharis trimera*, *Baccharis coridifolia*, *Stipa charruana*). La composición de especies del estrato 2, también puede explicar el bajo valor de altura de los pastizales del *Estado C*, ya que posee una alta proporción de la especie *Eryngium horridum* que en situaciones de sobrepastoreo, como suponemos que se encuentran los pastizales correspondientes a este estado, pocas veces pasan los 20 cm de altura.

Suelo desnudo

Los porcentajes de suelo desnudo para esta comunidad fueron significativamente menores que los de la comunidad de pastizales ralos, siendo el *Estado C*, el que presenta mayor porcentaje (1.13%). Para los otros dos estados (*A* y *B*), los valores fueron similares teniendo el *Estado A* apenas un 0.08% más de suelo desnudo que el *Estado B*. Los valores de este atributo acompañan la idea de que los pastizales del Estado C están sometidos a mayor carga animal.

Porcentaje de gramíneas

El *Estado A* posee una proporción significativamente mayor de gramíneas frente a las hierbas que los otros dos estados (90% el *A*, 71% el *B* y 74% el *C*). La relación entre la proporción de gramíneas y el pastoreo ya fue discutida anteriormente para la comunidad de pastizales ralos, tomando como referencia el trabajo de Altesor *et al.* (1998) en la localidad de Palleros.

Porcentaje de especies anuales

Como se mencionó anteriormente, existe una estrecha relación entre el pastoreo y la cobertura de especies anuales, debido a que éstas poseen estrategias que le permiten beneficiarse de los efectos de la herbivoría (Sala *et al.* 1986; Pucheta *et al.* 1998). A diferencia de lo que ocurrió en la comunidad de pastizales ralos, para la comunidad de pastizales densos el porcentaje de especies anuales si reflejó un patrón que explicaría que el *Estado A* es el que se encuentra en mejores condiciones, ya que posee menor porcentaje de anuales, seguido del *Estado B*, siendo el *Estado C*, el que se encuentra bajo mayor presión de pastoreo, debido a que tiene una mayor cobertura de las mismas.

Especies exóticas invasoras

A pesar de que la cobertura por parte de especies invasoras exóticas no fue de los atributos que más explican la separación entre estados, posiblemente debido a los altos desvíos que éstos tienen, los valores para este atributo tuvieron un comportamiento particular. El *Estado A*, que presenta mayor altura de estrato 1 y mayor porcentaje de gramíneas, también es el que presenta mayor valor de cobertura de especies exóticas invasoras (cercano al 7%). El modelo de equilibrio dinámico (Huston, 2004), podría explicar estos valores, ya que este modelo predice que el impacto de la invasión será mayor en ambientes más productivos ya que éstos ambientes poseen mayores tasas de crecimiento, la diversidad es baja debido a la exclusión competitiva y en el caso de ocurrir una perturbación las especies invasoras potencialmente podrían reemplazar a las nativas (Bresciano *et al.* 2014). *Cynodon*

dactylon fue la única especie exótica invasora registrada en todos los píxeles muestreados. Esta gramínea C_4 presenta una capacidad de propagación vegetativa excepcional, órganos de reserva subterráneos, como estolones y rizomas, sobrevive a condiciones ambientales adversas y se adapta a distintos tipos de suelo. Estos atributos la convierten en la invasora más abundante en los pastizales de Uruguay (Ríos *et al.* 1999). El *Estado C* presenta una cobertura de *Cynodon dactylon* del 3% aproximadamente, mientras que el Estado B un 1.6%. Para poder inferir a que se deben esos valores se deberían analizar cada píxel por separado ya que se ha estudiado que las diferencias en el grado de invasión en pastizales fitogeográficamente cercanos muestran que la invasión es un proceso multicausal (Bresciano *et al.* 2014).

Especies dominantes

Si tomamos en cuenta las hipótesis de Connell (1978) y Paine (1966), mencionadas anteriormente, notamos que éstas se corresponden con los valores que presentan los distintos estados para el número de especies dominantes del estrato 1. El *Estado A*, que es el que suponemos que corresponde a pastizales que están sometidos a menor carga animal, es el que presenta menor número de especies dominantes de ese estrato. El que le sigue es el *Estado B*, que en base a algunos atributos le habíamos atribuido una mayor carga animal que al *Estado A*. Y por último el *Estado C*, que es el que presenta mayor número de especies dominantes, y que como ya veníamos suponiendo corresponderá a pastizales sometidos a mayor carga animal, tanto de vacunos como ovinos. Sin embargo la perturbación no llega a ser tan intensa como para provocar una disminución del número de especies. Con respecto al número de especies dominantes del estrato 2, el *Estado B* fue el que presentó el valor más alto para esta variable. Posiblemente se deba a que este estado presentó una cobertura significativamente mayor de este estrato comparado con los otros dos, que presentan un número similar de especies dominantes.

Especies decrecientes

En cuanto a las especies decrecientes en presencia de pastoreo, los pastizales del *Estado A* fueron los que presentaron un mayor valor de éstas. Esto es coherente con la idea de que los pastizales correspondientes a este estado presentan menor presión de pastoreo. Los estados *B* y *C* tienen valores similares de especies decrecientes que también corresponde con la suposición de que estos dos estados podrían representar a pastizales con cierto grado de sobrepastoreo. Sin embargo para los tres estados el promedio fue menor a 1 y los desvíos fueron altos, lo que nos estaría indicando que los tres estados se encuentran en condiciones de sobrepastoreo. Las condiciones climáticas antes mencionadas también podrían explicar este patrón, ya que las especies decrecientes son más vulnerables a la sequía (Altesor *et al.* 2016)

Tipos funcionales de plantas

Las diferencias entre los tres estados para esta comunidad no solo se debieron a los atributos estructurales de la vegetación detallados anteriormente. El análisis discriminante realizado a partir de la frecuencia de los TFPs dominantes también respalda la separación de estos estados. Según este análisis, la frecuencia de HR diferenciaría al *Estado A* del *B* y el *C*, y por otro lado la frecuencia de las GIM separa al *Estado B* del *C* y el *A*. Según Rodríguez *et al.* (2003), la frecuencia de HR disminuye a partir de la exclusión a la ganadería. Esta sería otra evidencia de que el *Estado A* sea el estado que se encuentra con menos signos de degradación, y que el *Estado C* el que se encuentra más deteriorado. El otro tipo funcional que apoya la separación de los estados es el de las GIM, el estado que presentó mayor frecuencia de este TFP fue el *Estado B*. Los otros dos estados tuvieron frecuencias similares para este TFP. *Stipa charruana* fue la única representante registrada de este tipo funcional y en todos los casos se encontró formando parte de estrato 2. Probablemente, una explicación de la presencia de este tipo funcional en el *Estado B*, sea que los pastizales de este estado tienen una alta proporción de estrato 2, y por lo tanto, la probabilidad de poseer ejemplares de *Stipa charruana* sea mayor. En los otros dos estados se registraron ejemplares de esta especie pero con una frecuencia menor.

Los tres estados parecen estar definidos por distintas condiciones de manejo. El *Estado A* correspondería a pastizales con menor carga animal que los demás, con una mayor altura de estrato 1, mayor proporción de gramíneas, menos porcentaje de especies anuales, y mayor número de especies decrecientes. Los pastizales de este estado parecen estar en condiciones aceptables a no ser por el alto porcentaje de especies exóticas invasoras que presenta. Este factor debe ser tenido en cuenta por parte de los productores a la hora de establecer un plan de manejo, ya que posiblemente deba complementarse con alguna medida de control.

El *Estado B*, por otro lado, se caracteriza por presentar una mayor cobertura de estrato 2, y atributos asociados al mismo (mayor altura y número de especies dominantes de estrato 2). Estos pastizales presentan algunos síntomas de deterioro, como la escasa altura del estrato 1, la poca frecuencia de especies decrecientes o el bajo porcentaje de gramíneas. Este estado, a pesar de no presentar valores que indiquen un sobrepastoreo tan evidente como el *Estado C*, posiblemente sea menos valorado por parte de los productores que este último. Esto se debe a que en la región un segundo estrato con subarbustos es considerado “campo sucio”. Este segundo estrato compuesto por especies que no son ingeridas por el ganado reduce la superficie del campo con especies disponibles para el consumo de herbívoros, convirtiendo a los campos que presentan estas características “menos deseables” que los que presentan un solo estrato. Bindritsch (2014), realizó un estudio de percepción realizado en la localidad de Isla Patrulla (ubicada dentro de la región de Sierras del Este) que consistió en la realización de encuestas a los habitantes de dicha localidad acerca de cuál era la fisionomía del pastizal que ellos preferían. Un 60% de los encuestados prefirieron un pastizal sobrepastoreado con un estrato de vegetación a ras del suelo. La principal justificación que estos daban a su elección era que este estado “daba mayor cantidad de forraje”. El alto porcentaje de cobertura por parte de especies subarbutivas que presenta este estado, puede estar indicando que estos pastizales se encuentran dentro de un dominio de atracción diferente a los estados A y C. Esta suposición está basada en la dificultad que presenta revertir esta situación con un estrato 2 tan abundante a partir de medidas de manejo simples, poco costosas y en corto o mediano plazo.

Por último el *Estado C* parece estar dentro del mismo dominio de atracción que el *Estado A*, pero a diferencia de este último, presenta mayores síntomas de degradación consecuencia del sobrepastoreo. La escasa altura del estrato 1, el alto porcentaje de suelo desnudo y de especies

anuales, el bajo porcentaje de gramíneas, el alto número de especies dominantes del estrato 1 con una mayor frecuencia de hierbas arrosadas y las escasas especies decrecientes registradas refuerzan esta idea.

Conclusiones

El trabajo realizado permitió diagnosticar de manera objetiva el estado de condición actual de los pastizales de las Sierras del Este. La comunidad denominada pastizales ralos, ubicados sobre suelos superficiales, presentan un alto grado de degradación consecuencia del sobrepastoreo y las condiciones climáticas en el año de muestreo. Los pastizales densos pertenecientes a la comunidad denominada pastizales densos, presentan cierto grado de deterioro, sin embargo se encuentran en mejores condiciones que los de la comunidad de pastizales ralos. Probablemente la profundidad del suelo favoreció la disponibilidad de agua y en consecuencia los efectos de la sequía son menos evidentes en esta comunidad. La identificación de estos estados representa información muy valiosa a distintas escalas. A escala del establecimiento, este material servirá de punto de partida para luego, a través de manejo adaptativo, dirigir esfuerzos hacia los estados de pastizal más deseables. A escala regional y desde el punto de vista de la gestión a nivel país, la importancia de tener un diagnóstico acerca de los estados de condición de las distintas comunidades de pastizales es fundamental para planear estrategias de conservación, con el fin de mantener la producción sin comprometer los servicios ecosistémicos que nos brindan los pastizales.

Bibliografía

- Aguilera, M. O., Steinaker, D. F., Demaría, M. R. & Ávila, A. O. (1998). Estados y transiciones de los pastizales de *Sorghastrum pellitum* del área medanosa central de San Luis, Argentina. *Ecotropicos*, 11: 107-120.
- Alcón, A. L. P. (2001). Perturbación y estructura sabanoide en formaciones de *Retama sphaerocarpa*. *Revista Ecosistemas*, 10: 129-133.
- Altesor, A., Pezzani, F., Grun, S. & Rodríguez, C. (1999). Relationship between spatial strategies and morphological attributes in a Uruguayan grassland: a functional approach. *Journal of Vegetation Science*, 10: 457-462.
- Altesor, A., Piñeiro, G., Lezama, F., Jackson, R. B., Sarasola, M. & Paruelo, J. M. (2006). Ecosystem changes associated with grazing in subhumid South American grasslands. *Journal of Vegetation Science*, 17: 323-332.
- Altesor, A., Leoni, E., Guido, A., & Paruelo, J. M. (2016). Differential responses of three grasses to defoliation, water and light availability. *Plant Ecology*, 218: 95-104
- Ayala, W. (2011). Los desafíos tecnológicos de la ganadería en los pastizales del río de la plata. En: *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales* (Altesor, A., Ayala, W., Paruelo, J.M. eds). INIA, Serie FPTA N° 26, Montevideo, pp. 209-214.
- Baeza, S., Gallego, F., Lezama, F., Altesor, A., & Paruelo, J. M. (2011). Cartografía de los pastizales naturales en las regiones geomorfológicas de Uruguay predominantemente ganaderas. En: *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales* (Altesor, A., Ayala, W., Paruelo, J.M. eds) INIA, Serie FPTA N°26, Montevideo, pp. 33-54.

- Barrera, M. D. & Frangi, J. L. (1997). Modelo de estados y transiciones de la arbustificación de pastizales de Sierra de la Ventana, Argentina. *Ecotropicos*, 10: 161-166.
- Begon, M., Harper, J. L., & Townsend, C. R. (1999). *Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades*. Ediciones Omega, 3ra ed, Barcelona, pp. 740-760.
- Beisner, B. E., Haydon, D. T. & Cuddington, K. (2003). Alternative stable states in ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1: 376-382.
- Bindritsch, L. (2014). Análisis de la percepción de una población rural sobre los servicios ecosistémicos del pastizal. Tesina de grado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UDELAR. Montevideo, Uruguay. 33p.
- Boccanelli, S. I. & Lewis, J. P. (2006). Breve revisión sobre el desarrollo de los conocimientos sobre la dinámica de la vegetación. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 10: 37-43.
- Bresciano, D., Rodríguez, C., Lezama, F. & Altesor, A. (2014). Patrones de invasión de los pastizales de Uruguay a escala regional. *Ecología austral*, 24: 83-93.
- Bullock, J. M. & Pakeman, R. J. (1997). Grazing of lowland heath in England: management methods and their effects on healthland vegetation. *Biological Conservation*, 79: 1-13.
- Burrows, C. J. (1990). Processes of vegetation change. (Unwin Hyman. eds) London, UK, pp. 359-419
- Carpenter, S. R. (2001). Alternate states of ecosystems: evidence and some implications. In *Ecology: Achievement and Challenge*. (Huntly, N., Levin, S. eds) Blackwell, London, pp. 357-383.
- Casado, M. A. & de Miguel, J. M. (1997). Modelo de estados y transiciones en pastizales mediterráneos montaña y dehesa del centro de la península Ibérica. *Ecotropicos*, 10: 113-132.

Cayssials, V. (2010). Relación entre atributos de las gramíneas nativas de pastizales uruguayos y el ambiente: efectos del hábitat y del pastoreo. Tesis de maestría. PEDECIBA. Montevideo, Uruguay. 70 p.

Censo General Agropecuario (2011). Uruguay: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP).

Cisneros, R. L., Romero, C. S., Sosa, P. A., Melena, N. A. & García, A. B. (2007). Restauración adaptable en la Meseta Purépecha, Michoacán, México: hacia un modelo de estados y transiciones. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80: 25–31.

Clements, F. E. (1916). *Plant succession: an analysis of the development of vegetation* (No. 242). Carnegie Institution, Washington, pp. 1-512.

Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199: 1302-1310.

Dyksterhuis, E. J. (1949). Condition and management of range land based on quantitative ecology. *Journal of range management*, 2: 104-115.

Ehrenfeld, J. G., Kourtev, P. & Huang, W. (2001). Changes in soil functions following invasions of exotic understory plants in deciduous forests. *Ecological applications*, 11: 1287-1300.

Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S. & Walker, B. (2002). Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. *AMBIO: A journal of the human environment*, 31: 437-440.

Formoso, D. (2010). Los ovinos y bovinos ante la nueva situación ganadera, ¿compiten?, ¿cuánto?. *Agrociencia*, 14: 15-20.

Formoso, D. & Pereira, D. (2008). Efecto del pastoreo mixto sobre la vegetación del campo natural en Cristalino Central (Región Centro-Sur). *Producción Ovina*, 20: 15-20.

GRAS-INIA (2016). Agroclima y sistemas de información. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Estación experimental Treinta y Tres.

Grime, J. P. (1979). Plant Strategies and Vegetation Processes. In *Biologia Plantarum*. (John Wiley & Sons) New York, pp. 80-81.

Grubb, P. J. (1977). The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological reviews*, 52: 107-145.

Gunderson, L. H., Holling, C. S. & Peterson, G. D. (2002). Surprises and sustainability: cycles of renewal in the Everglades. In: *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. (Gunderson, L.H. Holling, C.S. eds) *Island Press, Washington, DC, USA*, pp. 315-332.

Huston, M. A. (2004). Management strategies for plant invasions: manipulating productivity, disturbance, and competition. *Diversity and Distributions*, 10: 167-178.

Jobbágy, E. G., Vasallo, M., Farley, K. A., Piñeiro, G., Garbulsky, M. F., Noretto, M. D., Jackson, R. B., Paruelo, J. M. (2006). Forestación en pastizales: hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. *Agrociencia*, 10: 109-124.

Joyce, L. A. (1993). The life cycle of the range condition concept. *Journal of Range Management*, 46: 132-138.

Laterra, P., EugeniaOrúe, M., Zelaya, D. K., Booman, G. & Cabria, F. (2009). Jerarquización y mapeo de pastizales según su provisión de servicios ecosistémicos. En: *Campos Sulinos. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasilia, Brasil*, pp 128-136.

- León, R. J. & Burkart, S. E. (1998). El pastizal de la Pampa Deprimida: estados alternativos. *Ecotrópicos*, 11: 121-130.
- Lenzi-Grillini, C. R., Viskanic, P., & Mapesa, M. (1996). Effects of 20 years of grazing exclusion in an area of the Queen Elizabeth National Park, Uganda. *African Journal of Ecology*, 34: 333-341.
- Lewontin, R. C. (1969). The meaning of stability. In: *Diversity and Stability of Ecological Systems. Brookhaven Symposia in Biology no 22*. Brookhaven, New York, pp. 224-241.
- Lezama, F., Altesor, A., León, R. J. & Paruelo, J. M. (2006). Heterogeneidad de la vegetación en pastizales naturales de la región basáltica de Uruguay. *Ecología austral*, 16: 167-182.
- Lezama, F., Baeza, S., Altesor, A., Cesa, A., Chaneton, E. J. & Paruelo, J. M. (2014). Variation of grazing-induced vegetation changes across a large-scale productivity gradient. *Journal of Vegetation Science*, 25: 8-21.
- Manseau, M., Huot, J. & Crête, M. (1996). Effects of summer grazing by caribou on composition and productivity of vegetation: community and landscape level. *Journal of Ecology*, 84:503-513.
- Mauro, R. D. A., Pott, A. & Silva, M. D. (1998). Una propuesta de modelos de estado y transiciones para una sabana tropical inundable: el Pantanal arenoso. *Ecotropicos*, 10: 99-112.
- McCune, B., & Mefford, M. J. (1999). *PC-ORD: multivariate analysis of ecological data; Version 4 for Windows*.
- McNaughton, S. J. (1984). Grazing lawns: animals in herds, plant form, and coevolution. *American Naturalist*, 124: 863-886.
- Meirelles, M. L., Klink, C. A. & Silva, J. S. (1997). Un modelo de estados y transiciones para el Cerrado brasileño. *Ecotropicos*, 10: 45-50.

Montossi, F., Berretta, E., Pigurina, G., Santamarina, I., Bemhaja, M., San Julián, R., Risso, D. F., & Mieres, J. (1998). Estudio de la selectividad de ovinos y vacunos en diferentes comunidades vegetales de la región de basalto. En: *Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto*. (Berreta, E.J. Ed) INIA, Serie Técnica N°102. Tacuarembó, Uruguay, pp. 257-285.

Nyström, M., Folke, C. & Moberg, F. (2000). Coral reef disturbance and resilience in a human-dominated environment. *Trends in Ecology & Evolution*, 15: 413-417.

Oesterheld, M. & Sala, O. E. (1994). Modelos ecológicos tradicionales y actuales para interpretar la dinámica de la vegetación: El caso del pastizal de la Pampa Deprimida. *Revista Argentina de Producción Animal*, 14: 9-14.

Paine, R. T. (1966). Food web complexity and species diversity. *The American Naturalist*, 100: 65-75.

Paz, F., Covalada, S., Gallardo, J. F., Prat, C., Etchevers, J. D. & Hidalgo, C. (2007). Teoría de estados y transiciones aplicada a suelos volcánicos sometidos a diferentes manejos: 2. Respiración del suelo. En: *XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo; Simposio Carbono Orgánico del Suelo y Calentamiento Global: Perspectivas y Oportunidades de Investigación en Latinoamérica*. Guanajuato, México, 5p.

Pereira da Silva, M. & Sarmiento, G. (1997). Un modelo de estados y transiciones de la sabana hiperestacional de los Llanos venezolanos. *Ecotropicos*, 10: 79-86.

Pivello, V. R. & Coutinho, L. M. (1996). A qualitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. *Forest Ecology and Management*, 87: 127-138.

Pucheta, E. (1997). Modelo de Estados y Transiciones para los pastizales de altura de las Sierras de Córdoba, Argentina. *Ecotrópicos*, 10: 51-60.

Pucheta, E., Cabido, M., Díaz, S. & Funes, G. (1998). Floristic composition, biomass, and aboveground net plant production in grazed and protected sites in a mountain grassland of central Argentina. *Acta Oecologica*, 19: 97-105.

Ríos, A. (1999). Dinámica y control de *Cynodon dactylon* en sistemas pastoriles. En: *Revista de la Facultad de Agronomía* (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay. 19 p.

Rodríguez, C., Leoni, E., Lezama, F. & Altesor, A. (2003). Temporal trends in species composition and plant traits in natural grasslands of Uruguay. *Journal of Vegetation Science*, 14: 433-440.

Rodríguez, C., Costa, B. & Lezama, F. (2004). La diversidad biológica de la pradera natural uruguaya. En: *Revista Simbiosis*, (Paluci, M.; Perdomo, I.; Rodríguez, L. Eds). Asociación de profesores de biología Nº5, Montevideo, pp. 6-10.

Rodríguez, C. & Cayssials, V. (2011). Cambios estructurales en los pastizales asociados a la ganadería. Cambios estructurales en los pastizales asociados a la ganadería. En: *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de los pastizales* (Altesor, A.; Paruelo, J.M. y Ayala, W. Eds.). INIA, Serie FPTA Nº 26, Montevideo, pp. 69-78.

Rosengurtt, B. (1943). Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. En: *La estructura y el pastoreo de las praderas de la región de Paltos*. (Barreiro y Ramos S.A). Montevideo. Uruguay. 279p

Rosengurtt, B. (1979). Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay, 86 p.

Sampson, A. W. (1917). Succession as a factor in range management. *Journal of forestry*, 15: 593-596.

Sampson, A. W. (1919). Plant succession in relation to range management. In: *US Department of Agriculture*. (Government Printing Office), Washington, DC, 76 p.

Sala, O. E. (1988). The effect of herbivory on vegetation structure. In *Plant form and vegetation structure* (Werger, M.J.A., van der Aart, P.J.M., During, H.J. & Verboeven, J.T.A.), The Hague, NL, pp. 317–330.

Scheffer, M., Hosper, S. H., Meijer, M. L., Moss, B. & Jeppesen, E. (1993). Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in ecology & evolution*, 8: 275-279.

Scott, N.A, S Saggar & PD MC Intosh. (2001). Biochemical impact of Hieracium invasion en New Zealandís grazed tussock grasslands: sustainability implications. *Ecological Applications*, 11: 1311-1322.

Selva, M., Orozco, E., & Otal, J. (1995). Estudio de un pastizal arbolado de encina (*Quercus rotundifolia*) resalveado. En: *Actas XXXV Reunión Científica de la SEEP*, Tenerife, pp. 289-293.

Senra, A. (2009). Impacto del manejo del ecosistema del pastizal en la fertilidad natural y sostenibilidad del suelo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 13: 3-16.

Soriano, A. 1991. Rio de la Plata Grasslands. En: *Natural grasslands: Introduction and Western Hemisphere*. (Coupland, R. T. ed). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 367-407.

Stat Soft, Inc, (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. 222.statsoft.com.

Stringham, T. K., Krueger, W. C. & Shaver, P. L. (2001). *States, transitions, and thresholds: further refinement for rangeland applications*. In: *Special Report of Agricultural Experiment Station, Oregon State University*. Corvallis, Oregon, 18 p.

Tansley, A. G. (1929). Succession: the concept and its values. In: *Proceedings of the 4th International Congress of Plant Sciences*, Ithaca, pp. 677-686.

van de Koppel, J., Rietkerk, M. & Weissing, F. J. (1997). Catastrophic vegetation shifts and soil degradation in terrestrial grazing systems. *Trends in Ecology & Evolution*, 12: 352-356.

Watt, T. A., Treweek, J. R. & Woolmer, F. S. (1996). An experimental study of the impact of seasonal sheep grazing on formerly fertilized grassland. *Journal of Vegetation Science*, 7: 535-542.

Westoby, M., Walker, B. & Noy-Meir, I. (1989). Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management*, 42: 266-274.

Anexo

Fecha:	Equipo:	Pixel:	N° de foto:	P. Sie 1 (Superf.)		
Macrotopografía	Ladera Alta	Ladera Media	Ladera Baja	Zona Alta	Zona Baja	
	Convexa	Cóncava	Plana			
Pendiente	Nula	Leve	Moderada	Pronunciada		
GPS	Cuadro 1 (Stand.....)		Cuadro 2 (Stand.....)		Cuadro 3 (Stand.....)	
Rociedad %						
Pedregosidad %						
Suelo desnudo %						
Bosta % y tipo						
Anuales %						
Invasoras % e identidad						
% Gram./%Hierbas	/		/		/	
Nº estratos	1	2	3	1	2	3
Altura (cm)						
Cob. por estrato %						
Spp. dominantes						
Spp. Dominantes del cuadro (>50%)						
Spp. Indicadoras						
<i>Trachypogon montufari</i>						
<i>Galactia marginalis</i>						
<i>Danthonia cirrata</i>						
<i>Facelis retusa</i>						
<i>Stipa filifolia</i>						
<i>Piptochaetium montevidense</i>						
Spp. Decrecientes						
<i>B.auleticus</i>						
<i>C.viridiflavescens</i>						
<i>P.stipoides</i>						
<i>P.plicatulum</i>						
<i>C.selloana</i>						
<i>M.brasiliana</i>						

<i>N.megapotamia</i>			
<i>P.lanigera</i>			
<i>S.neesiana</i>			
<i>B.subaristata</i>			

Fecha:	Equipo:	Pixel:	N° de foto:			P. Sie 2 (Prof.)			
Macrotopografía	Ladera Alta	Ladera Media	Ladera Baja			Zona Alta	Zona Baja		
	Convexa	Concava	Plana						
Pendiente	Nula	Leve	Moderada			Pronunciada			
GPS	Cuadro 1 (Stand.....)			Cuadro 2 (Stand.....)			Cuadro 3 (Stand.....)		
Rociedad %									
Pedregosidad %									
Suelo desnudo %									
Bosta % y tipo									
Anuales %									
Invasoras % e identidad									
% Gram./%Hierbas	/			/			/		
Nº estratos	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Altura (cm)									
Cob. por estrato %									
Spp. dominantes									
Spp. Dominantes del cuadro (>50%)									
Spp. Indicadoras									
<i>Botriochloa laguroides</i>									
<i>Piptochaetium stipoides</i>									
<i>Stipa neesiana</i>									
<i>Danthonia rhizomata</i>									
<i>Eryngium horridum</i>									
<i>Andropogon ternatus</i>									
<i>Aristida murina</i>									
<i>Baccharis trimera</i>									
Spp. Decrecientes									
<i>B.auleticus</i>									
<i>C.viridiflavescens</i>									
<i>P.plicatulum</i>									
<i>C.selloana</i>									
<i>M.brasiliana</i>									
<i>P.lanigera</i>									

<i>S. neesiana</i>			
--------------------	--	--	--