

## Un modelo de estados y transiciones para el Monte oriental rionegrino

### A state and transition model for the eastern Monte Phytogeographical Province in Rio Negro

Kröpfl AI<sup>1</sup>, VA Deregibus<sup>2</sup>, GA Cecchi<sup>3</sup>

**Resumen.** Desarrollamos un modelo funcional de la vegetación para una estepa arbustiva del Monte Oriental rionegrino con seis estados y 12 transiciones, en base a: grado de arbustificación, características del estrato herbáceo y de la superficie del suelo, y cobertura de costra biológica. La información se obtuvo de cartas de naturalistas y viajeros que recorrieron la región desde fines del siglo XVIII, reportes de viejos pobladores, y un trabajo de investigación. En el Monte se pueden distinguir distintos grupos funcionales, y nuestro trabajo se centró en los tres más conspicuos para analizar la dinámica del sistema: arbustos, pastos y costra biológica. El estrato arbustivo sólo resulta afectado por disturbios de gran magnitud (incendios, desmontes), que mantendrían el equilibrio entre pastos y arbustos en el sistema. El desmonte mecánico con remoción del suelo también provoca una disminución de la cobertura de pastos y de la riqueza florística. Este estrato, sin embargo, es afectado con mayor frecuencia por el pastoreo intensivo y continuo, que reduce la ocurrencia de incendios y desplaza el equilibrio hacia los arbustos. Todos los disturbios en general deterioran la costra biológica que cubre el suelo y ofrece situaciones facilitadoras para la regeneración de la cobertura herbácea. El pastoreo y el desmonte reducen la cobertura del suelo y favorecen el desarrollo de encostramientos superficiales, lo cual disminuye la infiltración de agua y la germinación y/o el establecimiento de plántulas. Esto genera estados deteriorados difíciles de revertir. Esos estados también pueden ser producidos por el laboreo del suelo para realizar agricultura y el pastoreo de los rastrojos. Algunas de las transiciones que describimos pueden ser favorecidas a través de estrategias de manejo del pastizal, de manera de alcanzar estados de mayor valor pastoril y revertir situaciones de deterioro.

**Palabras clave:** Costra biológica; Desmonte; Fuego; Pastoreo; Resiliencia.

**Abstract.** We developed a functional model for a shrub steppe vegetation of the eastern Monte Phytogeographical Province in Río Negro (Argentina) with six stable states and 12 transitions, based on the woody encroachment degree, characteristics of the herbaceous layer and the soil surface, and biological crust cover. Information was obtained from letters of naturalists and travelers along the region since the late eighteenth century, reports of old settlers, and our own research work. On the Monte, different functional groups can be distinguished. Our work focused on the three most conspicuous to analyze the dynamics of the system: shrubs, grasses and biological crust. The shrub layer is only affected by large-scale disturbances (fire, mechanical clearing) which maintain the balance between grasses and shrubs in the system. Mechanical clearing with soil removal also causes a decrease in grass cover and vegetation diversity. This layer, however, is most frequently affected by intensive and continuous grazing, which reduces the occurrence of fires and shifts the equilibrium toward the shrubs. All disturbances in general deteriorate the biological crust that covers the soil, which offers situations of facilitation for the regeneration of the herbaceous layer. Grazing and mechanical clearing reduce soil cover and promote the development of soil compaction, which reduce water infiltration and germination and/or seedling establishment, and this creates deteriorated states difficult to reverse. Those states can also be produced by tillage for agriculture and stubble grazing. Some of the transitions that we describe can be favored through grassland management strategies, in order to reach higher states of pastoral value and reverse deteriorating situations.

**Keywords:** Biological crust; Fire; Grazing; Mechanical clearing; Resilience.

<sup>1</sup> Centro Universitario Regional Zona Atlántica, Universidad Nacional del Comahue. Río Negro, Argentina.

<sup>2</sup> Cátedra de Forrajicultura, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Estación Experimental Agropecuaria Valle Inferior, Convenio INTA-Provincia de Río Negro, Argentina.

Address Correspondence to: Alicia I. Kröpfl, Monseñor Esandi y Ayacucho, 8500, Viedma, Río Negro; e-mail: akropfl@yahoo.com.ar

Recibido / Received 25.IX.2014. Aceptado / Accepted 7.X.2014.

---

## INTRODUCCIÓN

---

Los disturbios provocan cambios en la vegetación que pueden llevarla de un estado más o menos discreto a otro diferente al alterar las relaciones entre las especies (Westoby et al., 1989). En el caso del Monte, los cambios que se registran en la composición florística pueden modificar también la fisonomía de la vegetación de manera que varíe entre una estepa gramínea o un pastizal con arbustos, y un matorral o una estepa arbustiva, según la intensidad y la dirección de los disturbios que actúen en cada momento.

Las descripciones de viajeros y naturalistas que visitaron la región en los siglos XVIII y XIX permiten reconstruir la fisonomía original de la vegetación del Monte como la de un pastizal con arbustos, así como identificar a las especies dominantes y reconocer los cambios que introdujeron el hombre y los herbívoros domésticos desde finales del siglo XVIII. Esas descripciones históricas a menudo indican que la vegetación arbustiva estaba restringida a los corredores ribereños, dispersa entre los “pastos vigorosos de la meseta” (Barros, 1880), o formando pequeños bosquesillos. Los arbustos eran en general espinosos y achaparrados y crecían “tan separados unos de otros que un hombre a caballo puede pasar entre ellos en cualquier dirección” (Head, 1825). La abundancia de pastos determinaba frecuentes incendios que abarcaban vastas extensiones (Calleja, 1781; Villarino, 1783; D’Orbigny, 1829), y según Ebelot (1875) “los árboles se han batido en retirada frente a los incendios”.

Tradicionalmente, el avance del proceso de arbustificación ha sido adjudicado a la disminución en la frecuencia de incendios en las sabanas y pastizales pastoreados, ya que el pastoreo en esos sitios redujo la cobertura herbácea y modificó la partición de recursos en favor de las especies leñosas (Bestelmeyer et al., 2004). El mismo Ebelot (1875) menciona en otro párrafo que “en las llanuras dedicadas a los rebaños, los incendios son menos comunes; los pastos incesantemente talados son demasiado cortos para propagarlos...”

Diversos autores (Archer et al., 1995; Roques et al., 2001; Browning et al., 2008) han mencionado mecanismos que explican cómo el pastoreo puede llevar a que un pastizal o una sabana se transforme en un arbustal o un matorral. Dichos autores citan evidencias acumuladas en distintos sitios en relación a que estos procesos no se revierten aún cuando la cobertura herbácea aumente nuevamente, por lo que los nuevos estados alcanzados generalmente resultan resistentes al cambio.

Hoy se acepta que para realizar un adecuado manejo y conservación de pastizales bajo pastoreo puede resultar orientativo el conocimiento de los posibles estados de la vegetación y las transiciones que afectan esos estados (Bagchi et al., 2012). El objetivo de este trabajo fue presentar el funcionamiento de un tipo fisonómico-florístico de vegetación del Monte Oriental rionegrino (Godagnone y Bran, 2009) a través de un modelo cualitativo del tipo de los propuestos por Westoby et al.

(1989), que presente sus distintos estados y transiciones. Este ejercicio se realizó de manera de organizar el conocimiento que actualmente se tiene de este sistema, proponer algunas prácticas de manejo del pastizal que pueden influir sobre las transiciones para alcanzar estados más deseables desde el punto de vista de uso ganadero, y dejar planteadas nuevas incógnitas a resolver en futuras investigaciones.

---

## METODOLOGÍA

---

La metodología utilizada para armar estos diagramas concuerda con la usada para describir los distintos ambientes de Patagonia dentro del proyecto de “Lucha contra la Desertificación en la Patagonia” (Paruelo et al., 1993).

Los distintos estados se representan mediante cajas identificadas con números romanos, el más bajo de los cuales corresponde a la situación menos deteriorada y el más alto a la más deteriorada. Las cajas aparecen desplazadas verticalmente si al pasar de un estado a otro se producen cambios en la fisonomía de la vegetación, ubicándose hacia la parte superior los estados de mayor capacidad forrajera y hacia la inferior, los de menor capacidad.

Las cajas aparecen interconectadas mediante flechas, que representan las transiciones. Estas pueden ser gruesas o finas, de acuerdo a su mayor o menor probabilidad de ocurrencia, respectivamente, o incluso punteadas si su probabilidad de ocurrencia es muy baja.

Los distintos estados y los factores responsables de las transiciones aparecen descriptos en detalle fuera del diagrama, caracterizándose en cada caso la vegetación presente y otros elementos indicativos de la degradación del sistema.

El modelo corresponde al Tipo Fisonómico-Florístico “Estepa arbustiva media de *Chuquiraga erinacea* y *Condalia microphylla*, variante Este” (Godagnone y Bran, 2009).

---

## DESCRIPCIÓN DE LOS ESTADOS

---

El modelo está conformado por seis estados y doce transiciones.

Los criterios utilizados para describir los diferentes estados propuestos han sido: el grado de arbustificación, las características de la cobertura herbácea (grado, especie/s dominante/s, diversidad), las características de la superficie del suelo, y la presencia y cobertura de costra biológica.

**ESTADO Ia:** Situación prístina. Estepa gramínea con arbustos. Alta cobertura de gramíneas palatables.

Este estado se reconstruyó a través de los relatos históricos de viajeros, aunque aún puede observarse en algunos sitios poco disturbados (rincones alejados de las aguadas en grandes potreros que no han sido usados o que han tenido muy baja carga animal en los últimos 50 a 60 años). Aparentemente, la fisonomía de esta vegetación se mantenía por acción de incen-

dios recurrentes, que impedían el aumento de la densidad de especies arbustivas. Los arbustos presentes entonces serían los mismos que se encuentran actualmente (*Chuquiraga erinacea* D. Don subs. *erinacea* y *Condalia microphylla* Cav.), pero entre las gramíneas habría dominado *Poa ligularis* Nees ex Steud., que tiende a desaparecer con el pastoreo, y hoy sólo se encuentra en baja densidad en el pastizal.

**ESTADO Ib:** Estepa gramínea de *Nassella tenuis* (Phil) Barkworth (Sin. *Stipa tenuis*).

Los arbustos presentes son los mismos del estado I y cubren una superficie inferior al 10%. La biomasa del estrato herbáceo no sería muy diferente de la de la situación original, aunque habría una menor riqueza florística que en aquella, debida al uso pastoril. Este estado presenta una importante cobertura de *Jarava plumosa* (Spreng.) S.W.L. Jacobs & J. Everett (Sin. *Stipa papposa*), una especie muy palatable que, por alguna característica morfológica (encontramos individuos con yemas de renuevo subterráneas), aprovecharía de manera más eficiente los recursos de aquellos sitios donde el fuego genera claros y reduce el sombreado al eliminar la biomasa seca en pie. La cobertura vegetal es de un 80% y la de la costra biológica apenas alcanza un 10%. La cobertura del suelo es alta y no presenta encostramientos superficiales.

**ESTADO II:** Estepa arbustivo-gramínea dominada por *Condalia microphylla* y *Chuquiraga erinacea*, en el estrato arbustivo [también aparecen ejemplares aislados de *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook & Arn.) Burkart].

El estrato herbáceo está dominado por *Nassella tenuis*, *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hack., *Jarava plumosa*, *Poa lanuginosa* Poir., *Pappostipa speciosa* (Trin. & Rupr.) Romasch. var. *speciosa* (Sin. *Stipa speciosa*), *Poa ligularis* (sólo bajo los arbustos), y *Nassella longiglumis* (Phil.) Barkworth (Sin. *N. clarazii*, *Stipa clarazii*). Las Dicotiledóneas son escasas y las gramíneas anuales sólo logran una importante cobertura en las áreas sobrepastoreadas. La cobertura del estrato herbáceo alcanza un 50% y la del estrato arbustivo, un 20%. Los arbustos presentes no son ramoneados (o lo son muy raramente) por el ganado bovino. La costra biológica es más frecuente en los sitios protegidos bajo los arbustos que en los sitios entre arbustos. La proporción del suelo desnudo es importante, y puede aparecer una costra vesicular que disminuye la infiltración de agua en el perfil (Valentin, 1991; Rostagno, 1989), así como la germinación e instalación de plántulas (Chambers, 2000).

**ESTADO III:** Estepa gramínea a gramínea-arbustiva de *Nassella tenuis*.

Este estado es generado por aquellos métodos de desmonte mecánico que provocan una fuerte modificación del suelo; la densidad y el tamaño de los arbustos remanentes estarán influidos por la intensidad del desmonte y el tiempo transcurrido

desde su realización. En este caso, nuestros datos (Kröpfl et al., 2007) muestran que la superficie ocupada por los arbustos disminuye a un 9%, aunque también disminuyen la cobertura herbácea y la diversidad específica del pastizal. La costra biológica no desaparece completamente, aunque se reduce. Por otra parte, el trabajo de la herramienta sobre la superficie del suelo contribuye a formar encostramiento superficial al aumentar la denudación del suelo. La generación de microdepresiones, en las cuales se deposita material más fino, explicaría la reducción de la infiltración y la mayor evaporación que se produce desde la superficie del suelo.

**ESTADO IV:** Estepa arbustivo-gramínea de *Chuquiraga erinacea* y *Condalia microphylla*, acompañada de un estrato herbáceo dominado por *Nassella tenuis* y especies anuales.

La superficie ocupada por los arbustos resulta cercana a un 50%, la cobertura del estrato herbáceo alcanza un 50%, y se reduce especialmente la cobertura de algunas especies más palatables que *Nassella tenuis*, tales como *Jarava plumosa* y *Poa ligularis*. Aumenta la proporción de Dicotiledóneas y pastos anuales en el estrato herbáceo (Bran et al., 1997). La cobertura de costra biológica se restringe a sitios protegidos bajo arbustos. En los manchones de suelo desnudo (que pueden alcanzar hasta un 25% de la superficie) se observa la presencia de una costra vesicular.

**ESTADO V:** Pastizal de anuales [*Hordeum* spp., *Bromus* spp., *Schismus barbatus* (L.) Thell, *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér. Ex Aiton, etc.], con invasión de "paja vizcachera" [*Amelichloa ambigua* (Speg.) Arriaga & Barkworth (Sin. *Stipa ambigua*)].

Los arbustos desaparecen totalmente, y casi no se encuentran especies perennes, con excepción de las "pajas vizcacheras". No se observan aquí costras biológicas. Aparece encostramiento de suelo de tipo vesicular en aquellos manchones con baja cobertura de especies herbáceas.

---

## CATÁLOGO DE TRANSICIONES

---

**TRANSICIÓN 1:** Fue generada por el pastoreo continuado del ganado ovino introducido a fines del siglo XIX que, al reducir la biomasa herbácea combustible, también redujo la frecuencia de incendios.

**TRANSICIÓN 2:** Es producida por el fuego, que habría sido un factor regulador de la densidad de arbustos antes de la introducción del ganado doméstico. Si bien el tipo de fuego (intensidad, duración, velocidad) y el momento del año en que tiene lugar pueden influir diferencialmente en la vegetación, en general tendría un efecto rejuvenecedor al eliminar todo el material senescente y abrir el canopy permitiendo la llegada de luz de mayor calidad, que favorecería el rebrote rápido y vigoroso de los pastos. Los arbustos no son eliminados, pero

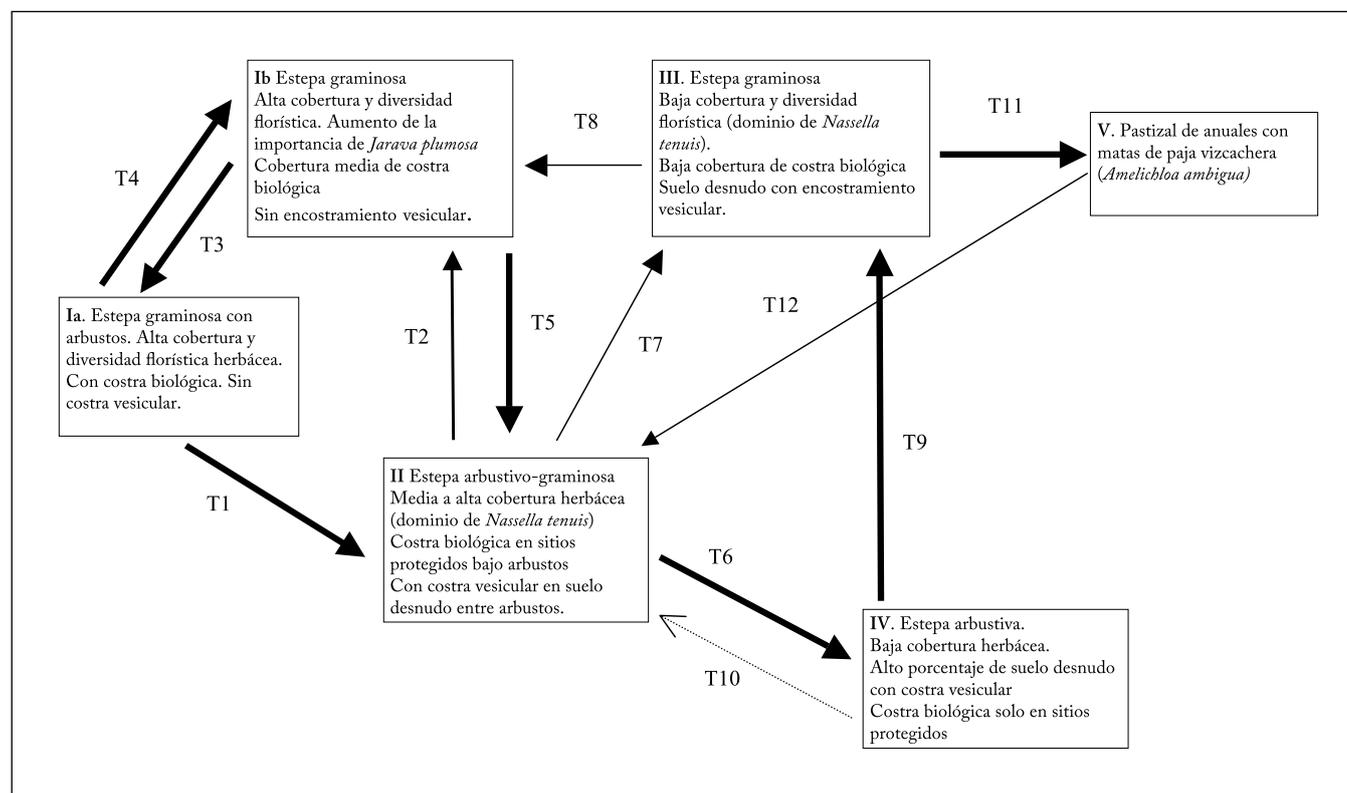


Fig. 1. Esquema de estados y transiciones en un tipo fisonómico-florístico de vegetación del Monte dominado por *Condalia microphylla* y *Chuquiraga erinacea*, variante E (Godagnone y Bran, 2009). Las transiciones aparecen descritas en el texto.

Fig. 1. Diagram of states and transitions in a floristic-physiognomic vegetation type of the Monte dominated by *Condalia microphylla* and *Chuquiraga erinacea*, E variant (Godagnone & Bran, 2009). The transitions are described in the text.

su recuperación más lenta daría una ventaja inicial a los pastos para colonizar nuevos sitios. La cobertura de costra biológica disminuye en los primeros años posteriores al incendio. La mayor cobertura herbácea impediría la formación de costras superficiales de suelo y contribuiría a la infiltración de agua.

**TRANSICIÓN 3:** Se produciría por la exclusión del pastoreo o la reducción de la carga (llevándola a un pastoreo liviano: <0,09 EV/ha/año) y permitiría retrotraer el sistema a su situación original.

**TRANSICIÓN 4:** También producida por acción del fuego, esta transición habría mantenido el sistema original oscilando entre los estados Ia y Ib antes de la introducción del ganado doméstico en el siglo XX, ya que el intervalo libre de incendios posiblemente no fuera superior a cinco años (Distel y Boo, 1995).

**TRANSICIONES 5 Y 6:** Las origina el pastoreo continuo, moderado a intenso, por más de veinte años. La falta de descansos adecuados genera un sobrepastoreo sobre las especies más palatables, y en general una disminución en su

densidad y/o vigor. Esto abre el canopeo y libera recursos que son aprovechados por los arbustos, las Dicotiledóneas y las especies anuales, que pueden aumentar su abundancia. El pisoteo destruye parcial o totalmente la costra biológica, la que queda restringida a los lugares protegidos. La denudación de la superficie del suelo por disminución de la cobertura herbácea facilitarían la formación de costras vesiculares en los suelos de texturas medias a finas.

**TRANSICIÓN 7:** Está relacionada con la realización de desmontes mecánicos, pero sus efectos pueden variar de acuerdo al tipo de maquinaria utilizada y las especies arbustivas presentes. En el caso estudiado, el desmonte se realizó con una rastra pesada, que tiene un efecto bastante agresivo sobre los arbustos pero también produce un efecto negativo sobre el estrato herbáceo y la costra biológica, a la vez que provoca una modificación casi total de la superficie del suelo y contribuye a la formación de costras vesiculares en suelos con texturas superficiales finas. Sin embargo, otros tipos de desmonte que no modifican el estrato herbáceo y la superficie del suelo (como el “cadeneado” o la extracción de leña), podrían llevar al sistema al estado Ib.

**TRANSICIÓN 8:** Se lograría por medio de un pastoreo bovino liviano ( $<0,06-0,08$  EV/ha/año) o a la alternancia de pastoreos y descansos, lo cual permitiría la floración y la recuperación del vigor en aquellas especies que son normalmente sobrepastoreadas. La floración y dispersión de semillas sería una forma de aumentar la densidad de aquellas especies que son de interés forrajero, y ello mejoraría la calidad del pastizal. Por otra parte, los pastoreos podrían ser manejados como “desmalezados” realizados por la vaca en sus momentos de baja demanda de calidad de forraje (luego del destete), para eliminar el material senescente y reducir la importancia de las especies no palatables.

**TRANSICIÓN 9:** También puede producirse por realización de desmontes con rastra pesada. Sus efectos serían similares a los de la transición 7, y permitiría abrir un sistema muy arbustificado, como el del estado III.

**TRANSICIÓN 10:** En el mediano o largo plazo, la exclusión del pastoreo o el manejo de un pastoreo liviano y con descansos oportunos podría retrotraer al sistema desde una estepa arbustiva a una arbustivo-graminosa poco deteriorada como la del estado II.

**TRANSICIÓN 11:** Algunos sectores del Monte Oriental rionegrino han sido desmontados para realizar agricultura (generalmente trigo, o algún verdeo invernal), lo cual conlleva laboreo del suelo. Si en esos sitios se realiza además un pastoreo intenso ( $>0,12-0,14$  EV/ha/año) del rastrojo, se puede llevar esa estepa desmontada a un pastizal empobrecido, dominado esencialmente por especies anuales y grandes matas de paja vizcachera, de baja calidad y escaso uso ganadero, siendo éste un estado difícil de revertir.

**TRANSICIÓN 12:** Los cuadros desmontados y laboreados para agricultura que son abandonados después de un ciclo de cultivo o un par de años, pueden recuperar el monte en plazos variables, dependiendo de la vegetación preexistente y de las precipitaciones que tengan lugar, y llevar el sistema desde el estado V al estado II.

---

## DISCUSIÓN

---

El sistema original del Monte Oriental habría estado formado por dos estados integrantes de un único dominio de atracción y con una alta resiliencia. La probabilidad de ocurrencia de las transiciones entre esos estados sería similar para los dos sentidos y se deberían a la baja presión de pastoreo y al control ejercido por el fuego sobre los arbustos. Una vez superado ese dominio de atracción el sistema alcanza otros estados muy estables que demandan un mayor esfuerzo para retrotraerlo al estado inicial. Esto concuerda con la información existente en otros sistemas arbustivos (Archer, 1994) que indica que las transi-

ciones sucesionales entre pastizales y arbustales son altamente asimétricas, pues la probabilidad de transición de pastizal a arbustal es alta pero la transición inversa es muy baja.

Los arbustos poseen algunos caracteres que los convierten en invasores agresivos de sistemas dominados por pastos, y más allá de cierto umbral de disturbio o de retrogresión herbácea, el nivel de establecimiento de formas leñosas es elevado y está regulado primariamente por factores abióticos. En el sistema estudiado, la frecuencia de incendios se redujo notoriamente durante la primera mitad del siglo XX (Willis, 1916; Llorens, 1995) a causa del pastoreo del ganado doméstico introducido por la colonización (básicamente ovino), que provocó la transición 1. La ocurrencia de incendios (o mejor aún, de quemadas controladas) en un sitio con alta cobertura herbácea y pastos vigorosos, seguida de un descanso (transiciones 2, 3 y 4) podría retrotraer el sistema a una situación bastante similar a la prístina. Sin embargo, si al sistema original (estado I) se le sobrepone un pastoreo continuo y prolongado, cambiará a una estepa arbustiva como la descrita en el estado IV.

En ausencia de disturbios tales como incendios frecuentes, raleos o desmontes mecánicos, los cambios de una sabana abierta a una cerrada ocurren rápidamente (Scholes y Archer, 1997). Esto se debe a que la cobertura de arbustos se incrementa, probablemente hasta que empieza a ser limitada por la competencia dentro del mismo gremio, de acuerdo a las oportunidades de crecimiento que ofrezca el ambiente. Si bien los pastos pueden reducir la emergencia, crecimiento y supervivencia de plántulas leñosas, esa reducción competitiva no sería suficiente para causar una mortalidad muy alta o la exclusión completa de los arbustos del sistema.

La ocurrencia de sequías prolongadas que impiden o dificultan la ocurrencia de incendios en ambientes semiáridos (por falta de biomasa combustible), sumada a la mayor tolerancia a la sequía por parte de los arbustos, también ha facilitado muchas veces el desarrollo del proceso de arbustificación (Scholes y Archer, 1997). En el siglo XX se han registrado algunas sequías de gran magnitud en la zona (1908-1914, 1929, 1960-1962, 1970-1972, y recientemente, de 2006 a 2009) que podrían haber contribuido a acelerar dicho proceso.

Luego de un desmonte o raleo (estado III) generalmente aumenta la producción herbácea (Archer, 1994). En este sistema (Kröpfl, 2007), la biomasa herbácea se tornó más accesible al reducirse la densidad de arbustos, pero no aumentó. Sin embargo, los resultados potenciales de cualquiera de las transiciones dependen en gran medida de la variabilidad climática, especialmente después de un disturbio. En este caso, los sitios desmontados mecánicamente presentaron síntomas de aridización, aunque probablemente el uso de aquellos métodos de desmonte que no alteren la superficie del suelo ni la costra biológica podría mantener al sistema en un estado similar al Ib.

La reversión de las transiciones puede requerir la activa intervención de quienes manejan el sistema e involucrar la

remoción de arbustos y la siembra o intersiembra de especies forrajeras. Estas prácticas son costosas, y riesgosas en términos de la probabilidad de lograr éxito, y podrían exacerbar problemas ya existentes. Ravi et al. (2009) destacaron la potencial importancia del fuego como estrategia de manejo para revertir estados tempranos de degradación asociados a la arbustificación en pastizales áridos y semiáridos evolutivamente adaptados al fuego. Los esquemas de manejo del pastoreo deberían incorporar periódicamente el uso del fuego controlado. Según Perrings y Walker (1997) dicho uso es esencial para la resiliencia de este tipo de sistemas, aunque también resulta imprescindible cuidar el grado de uso del pasto y el mantenimiento de la composición específica si se quiere regular con éxito la dominancia de arbustos. El fuego no necesariamente eliminará las plantas leñosas, pero puede controlar su densidad y prevenir que alcancen una alta cobertura. Esto contribuirá a (a) reducir (1) la captación de agua en la superficie de los órganos leñosos (Cecchi et al., 2006), (2) el desarrollo de sistemas radicales extensos, (3) la producción de semillas, y (4) el sombreado, y (b) facilitar la accesibilidad de dichas plantas (leñosas) a pequeños ramoneadores. Sin embargo, para utilizar el fuego como una herramienta efectiva de manejo, el pastoreo debe ser reducido a una baja carga o eliminado periódicamente para permitir la acumulación de material combustible. Según Archer (1994), "El costo económico de tal diferimiento debe ser comparado con los costos futuros (directos e indirectos)" de no hacerlo, asociados con: (a) dificultades para el manejo del ganado, (b) disminución en la producción de forraje, (c) necesidad de aplicar tratamientos mecánicos o químicos para reducir la cobertura de arbustos, y (d) una devaluación en el valor de la tierra que acompaña a tal arbustificación.

Los troncos y coronas de los arbustos pueden sufrir un daño mínimo por efecto del fuego si este es superficial, pero aún si estos órganos son dañados, muchas especies presentan una rápida regeneración vegetativa desde las coronas, nudos o raíces. De los dos arbustos dominantes en este sistema, al menos *Condalia microphylla* presentaría esta característica de rebrotar desde la corona o de yemas subterráneas, ya que los datos (Kröpfl et al., 2007) demuestran que su densidad no varía por efecto de los disturbios. Los fuegos serían mucho más efectivos en provocar la muerte de los arbustos al final de la estación de crecimiento de los pastos, una vez que se acumuló suficiente broza, y las temperaturas del aire son altas. Aunque el fuego provoca una disminución de la costra biológica, tiene escaso efecto sobre la cobertura de los pastos, que resultan tolerantes a este disturbio durante su período de reposo vegetativo estival. La eliminación total de los arbustos no es un objetivo deseable (como ocurre en el estado V), ya que los arbustos que forman parte de este sistema hacen uso de algunos de los recursos que no son aprovechados por los pastos, y cumplen una función de refugio para las especies palatables y la costra biológica en los sitios pastoreados (Kröpfl et al., 2011).

El pastoreo continuado e intenso puede provocar la disminución de la cobertura y densidad de pastos. Sin embargo, este disturbio puede servir para promover la vigorización o el aumento de densidad de las especies de mayor valor forrajero si se alternan períodos de pastoreo y descanso en los momentos adecuados. El pastoreo de material de menor calidad (como ocurre en verano con las especies O-I-P) con animales de bajos requerimientos nutricionales podría usarse a manera de defoliación mecánica; este manejo compatibilizaría el uso del recurso forrajero con un incremento de la productividad del sistema.

Es común reconocer el efecto negativo del pisoteo animal sobre el suelo, al reducir la infiltración por compactación (Castellano y Valone, 2007; Gamoun et al., 2010; Zhou et al., 2010; Daryanto y Eldrige, 2010) y provocar la fragmentación y pérdida de la costra biológica; dicho efecto negativo aumentaría especialmente con altas cargas. La pérdida de esa costra y de la cobertura herbácea contribuyen al incremento de suelo desnudo, facilitando los procesos de erosión, pérdida de nutrientes, y en algunos suelos de texturas finas, la formación de costras vesiculares, difíciles de revertir (Rostagno, 1989; Chamizo et al., 2012). La recuperación del pastizal, una vez generado este encostramiento superficial, demandaría un esfuerzo adicional para provocar su ruptura, mejorar la infiltración de agua y facilitar la reinstalación de plántulas. En ese sentido, algunos autores (Hiernaux et al., 1999; Thompson Hobbs, 2006; Zimmermann et al., 2009) han encontrado resultados opuestos a los anteriores. Estos autores sugieren que el pisoteo animal puede provocar la ruptura de costras físicas en algunos tipos de suelos, favoreciendo la infiltración de agua y la germinación e instalación de plántulas, especialmente si ese proceso es acompañado por condiciones húmedas y un adecuado descanso. En ese caso, podría proponerse la concentración de los animales en el potrero, estableciendo los momentos adecuados para permitir que el pisoteo actúe como un medio mecánico para romper los encostramientos.

---

## REFERENCIAS

---

- Archer, S. (1994). Woody plant encroachment into south-western grasslands and savannas: rates, patterns and proximate causes. En: M. Vavra, W. Laycock, y R. Pieper (eds.) pp. 13-68. Ecological implications of livestock herbivory in the West. Society for Range Management, Denver, U.S.A.
- Archer, S., D.S. Schimel y E.H. Holland (1995). Mechanisms of shrubland expansion: Land use, climate or CO<sub>2</sub>? *Climatic Change* 29: 91-99.
- Archer, S. (2010). Rangeland conservation and shrub encroachment: New perspectives on an old problem. En: J. Du Troit, R. Kock, J. Deutsch (eds.), pp. 53-97. Wild rangelands: conserving wildlife while maintaining livestock in semi-arid ecosystems. Blackwell Publishing, Oxford.
- Bagchi, S., D.D. Briske, X.B. Wu, M.P. McClaran, B.T. Bestelmeyer y M.E. Fernandez-Gimenez (2012). Empirical assessment of state-and-transition models with a long-term vegetation record from the Sonoran Desert. *Ecological Applications* 22: 400-411.

- Barros, A. (1880). Reporte en "Memoria del Ministerio de Interior". Dr. Antonio del Viso.
- Bran, D.E., G.A. Cecchi y J.A. Ayesa (1991). Dominios fisonómico-florísticos de la provincia de Río Negro. En: R. Somlo (ed.). Atlas dietario de herbívoros patagónicos. Ed. INTA. Bariloche, Argentina. 1997. 100 p.
- Browning, D.M., S.R. Archer, G.P. Asner, M.P. McClaran y C.A. Wessman (2008). Woody plants in grasslands: post-encroachment stand dynamics. *Ecological Applications* 18: 928-944.
- Calleja, J.P. (1781). Reporte de 1781. En: Archivo General de la Nación, Biblioteca Nacional. Buenos Aires, p. 328.
- Castellano, M.J. y T.J. Valone (2007). Livestock, soil compaction and water infiltration rate: Evaluating a potential desertification recovery mechanism. *Journal of Arid Environments* DOI: 10.1016/j.jaridenv.
- Cecchi, G.A., A.I. Kröpfl, N.M. Villasuso y R.A. Distel (2006). Stemflow and soil water redistribution in intact and disturbed individuals of *Larrea divaricata* in southern Argentina. *Arid Land Research and Management* 20: 209-217.
- Chambers, J.C. (2000). Seed movements and seedling fates in disturbed sagebrush steppe ecosystems: implications for restoration. *Ecological Applications* 10: 1400-1413.
- Chamizo, S., A. Stevens, Y. Cantón, I. Miralles, F. Domingo y B. Van Wesemael (2012). Discriminating soil crust type, development stage and degree of disturbance in semiarid environments from their spectral characteristics. *European Journal of Soil Science* 63: 42-53.
- Daryanto, S. y D.J. Eldridge (2010). Plant and soil surface responses to a combination of shrub removal and grazing in a shrub-encroached woodland. *Journal of Environmental Management* 91: 2639-2648. DOI: 10.1016/j.jenvman.2010.07.038
- Distel, R.A. y R. Boó (1995). Vegetation states and transitions in temperate semiarid rangelands of Argentina. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Rangeland Congress, Vol. 1, p. 117. Salt Lake City, Utah, USA.
- D'Orbigny, A. (1945). Viaje a la América Meridional. Vol. II y III. Ed. Futuro, B.A.
- Ebelot, A. (1875). Recuerdos y relatos de la guerra de fronteras. Buenos Aires, Ed. Plus Ultra, 1968. 256 p.
- Giorgetti, H., O.A. Montenegro, G. Rodríguez, C.A. Busso, T. Montani, M.A. Burgos, A. C. Flemmer, M.B. Toribio y S.S. Horvitz (1997). The comparative influence of past management and rainfall on range herbaceous standing crop in east-central Argentina: 14 years of observations. *Journal of Arid Environments* 36: 623-637.
- Godagnone R.E. y D.E. Bran (2009). Inventario integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro. Ediciones INTA, Buenos Aires. 392 p.
- Head, F.B. (1825). Las pampas y los Andes. Buenos Aires, Ed. El elefante blanco: 1997. 160 p.
- Hiernaux, P., C.L. Bielderst, C. Valentin; A. Bationot Y S. Fernandez-Rivera (1999). Effects of livestock grazing on physical and chemical properties of sandy soils in Sahelian rangelands. *Journal of Arid Environments* 41: 231-245.
- Kröpfl, A.I., V.A. Deregibus y G.A. Cecchi (2007). Disturbios en una estepa arbustiva del Monte: cambios en la vegetación. *Ecología Austral* 17: 257-268.
- Kröpfl, A.I., G.A. Cecchi, N.M. Villasuso y R.A. Distel (2011). Degradation and recovery processes in semi-arid patchy rangelands of northern Patagonia, Argentina. *Land Degradation and Development*. Wiley Online Library DOI: 10.1002/ldr.1145
- Llorens, E.M. (1995). Viewpoint: the state and transition model applied to the herbaceous layer of Argentina's Calden forest. *Journal of Range Management* 48: 442-447.
- Paruelo, J.M., M.B. Bertiller, T.M. Schlichter y F.R. Coronato (1993). Secuencias de deterioro en distintos ambientes patagónicos. Su caracterización mediante el modelo de estados y transiciones. LUDEPA-SME (Lucha contra la Desertificación en la Patagonia a través de un sistema de monitoreo ecológico). INTA-GTZ.
- Perrings, C. y B. Walker (1997). Biodiversity, resilience and the control of ecological-economic systems: the case of fire-driven rangelands. *Ecological Economics* 22: 73-83.
- Ravi, S., P. D'odorico, L. Wang, C.S. White, G.S. Okin, S.A. Macko y S.L. Collins (2009). Post-fire resource redistribution in desert grasslands: a possible negative feedback on land degradation. *Ecosystems* 12: 434-444. DOI: 10.1007/s10021-009-9233-9.
- Roques, K.G., T.G. O'connor y A.R. Watkinson (2001). Dynamics of shrub encroachment in an African savanna: relative influences of fire, herbivory, rainfall and density dependence. *Journal of Applied Ecology* 38: 268-280.
- Rostagno, M. (1989). Infiltration and sediment production as affected by soil surface conditions in a shrubland of Patagonia, Argentina. *Journal of Range Management* 42: 382-385.
- Scholes, R.J. y S. Archer (1997). Tree-grass interactions in savannas. *Annual Review of Ecological Systems* 28: 517-44.
- Thompson Hobbs, N. (2006). Large herbivores as sources of disturbance in ecosystems. En: Danell, K., P. Duncan, R. Bergstrom y J. Pastor (eds.), Chapter 9, p. 264. Large herbivore ecology, ecosystem dynamics and conservation. Cambridge University Press.
- Valentin, C. (1991). Surface crusting in two alluvial soils of northern Niger. *Geoderma* 48: 201-222.
- Villarino, B. (1781). Diario de la navegación en 1781 desde el río Negro hasta la Bahía de Todos los Santos. Colección Pedro de Angelis. Tomo VIII. B. Buenos Aires, Ed. Plus Ultra, 1972. 661 p.
- Westoby, M., Walker, B. y I. Noy Meir (1989). Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management* 42: 266-274.
- Willis, B. (1914). El Norte de la Patagonia, Comisión de estudios hidrológicos. Buenos Aires: EUDEBA, 1988.
- Zimmermann, I., J. Kauatjirue y T. Tjeriko (2009). The influence of high stocking density followed by rest on grass density and soil moisture in the Camelthorn Savanna. Proceedings of the 13<sup>th</sup> Namibian rangeland forum "The role of biodiversity in rangeland management and policy", p. 16, Windhoek, Namibia.