



EL SOBREPASTOREO DEL GANADO DOMÉSTICO COMO DISPARADOR DE LA ARBUSTIZACIÓN

Ana Elena de Villalobos

GEKKO – Grupo de Estudio en Conservación y Manejo – Dep. Biología, Bioquímica y Farmacia.
San Juan 670, Bahía Blanca, 8000. Universidad Nacional del Sur.
Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS-CONICET)
E-mail: avillalo@criba.edu.ar

Resumen

El incremento de la abundancia de la vegetación leñosa en los pastizales naturales es un proceso que ha sido documentado en distintas regiones del mundo. La introducción masiva del ganado doméstico ha alterado el patrón natural de pastoreo hasta niveles que superan la capacidad de amortiguación del sistema y convertirse en un disturbio. El pastoreo del ganado doméstico produce efectos directos e indirectos sobre la dinámica de los pastizales. La defoliación selectiva altera las relaciones de competencia entre los componentes de la comunidad vegetal. Además el sobrepastoreo actúa sobre otros procesos como el ciclado de nutrientes, las propiedades del suelo (la estructura, la compactación y la capacidad de imbibición y filtración) y la frecuencia e intensidad de los fuegos naturales. Estos factores favorecerían el establecimiento y el crecimiento de las plántulas de leñosas. Con el objetivo de lograr una mayor comprensión de esta problemática, el presente trabajo es una recopilación bibliográfica que explora las causas de la arbustización en los pastizales naturales y propone algunas medidas de manejo de los sistemas silvopastoriles con el fin de reducir el riesgo del incremento en la densidad de arbustos indeseables que reduce la capacidad de carga y la producción sustentable de ganado en los pastizales naturales.

Palabras clave: sobrepastoreo, arbustización, pastizales naturales.

Abstract

The increased of woody vegetation in natural grasslands is a process that has been reported from different regions around the world. The introduction of domestic livestock has altered the natural grazing pattern, reaching levels that overcome the buffer capacity of the system and turning in a disturbance. Livestock grazing produces direct and indirect effects on grasslands dynamics. Selective defoliation alters the competition relations among the plant community components. Also overgrazing affects others processes such as nutrients cycling, soil properties and intensity and frequency of natural fires. These factors would enhance the establishment and growth of seedlings of woody species. To achieve a major understanding of this problematic, the present article is a bibliographic compilation exploring the causes of woody encroachment in natural grasslands and proposing some management strategies in silvopastoral systems to reduce the risk of woody vegetation density increases, with the consequent reduction on carrying capacity and sustainable production of livestock in natural grasslands.

Key words: overgrazing, woody encroachment, natural grasslands

El pastoreo es la acción por la cual los herbívoros consumen partes de las plantas con el fin de adquirir energía y nutrientes. Los procesos ecológicos asociados con el pastoreo datan desde la aparición de las gramíneas perennes y de los grandes herbívoros, instancia que según los registros fósiles se remonta unos 45 millones de años (Briske y Heitschmidt 1994). No obstante ello, la complejidad relacionada con el manejo del pastoreo en los pastizales naturales aumentó en función de la expansión de la población humana, de la degradación de los recursos naturales y del incremento de la presión socio-económica, alterándose significativamente el equilibrio alcanzado en esta relación.

La ocurrencia de un disturbio en una población o comunidad vegetal comprende la eliminación parcial o total de la biomasa (Grime 1977) y se relaciona con la actividad de los herbívoros, organismos patógenos, acciones derivadas de la actividad humana y a fenómenos tales como daños provocados por el viento, heladas, desecación, erosión y fuego. Los disturbios como procesos ecológicos pueden desarrollar en un individuo sensible un daño que resulte letal para el órgano afectado o para el individuo mismo (Weixelman *et al.* 1997). El pastoreo de los grandes herbívoros a través de su mecanismo fundamental que es la defoliación, produce la remoción de biomasa vegetal; por lo tanto, desde este punto de vista, el pastoreo puede ser considerado una perturbación natural, que es un componente normal del sistema. Sin embargo, si es repetido y frecuente, más allá de la capacidad de recuperación del organismo o de todo el sistema, constituye un disturbio.

Los herbívoros de muy variadas jerarquías zoológicas han formado parte de los ecosistemas terrestres por miles de años y, por ende, se presume que la interacción vegetación-herbívoros ha tenido una prolongada historia evolutiva. La información disponible sobre las características de esa interacción permite inferir el desarrollo de procesos coevolutivos entre las poblaciones interactuantes (McNaughton 1985). La presencia continuada y prolongada de grandes herbívoros ungulados ha determinado una presión de selección de intensidad variada. Se pueden adjudicar a

dicho proceso selectivo algunos de los caracteres que actualmente exhiben las poblaciones vegetales: las distintas especies de gramíneas poseen láminas estrechas, cortas y filiformes, cutículas ricas en sílice, hábito cespitoso y con poca altura. Los arbustos y dicotiledóneas herbáceas generan compuestos secundarios tóxicos o con gusto desagradable, espinas, crecimiento postrado o en roseta. Asimismo, las poblaciones de herbívoros también han sido moldeadas en su naturaleza y funcionamiento por las características del forraje disponible. Por ejemplo, McNaughton *et al.* (1988) señalan que la disponibilidad de biomasa vegetal en el Serengeti regula la tasa de reproducción de los herbívoros silvestres presentes en ese ecosistema.

Según Allen y Starr (1982), un disturbio puede ser incorporado a nivel de individuo o de población mediante un proceso de adaptación, y un disturbio al ser incorporado ha dejado de ser un disturbio formando parte de un proceso propio del sistema. Sin embargo, una prolongada historia evolutiva conjunta vegetación-herbívoros tiene muchas posibilidades de ser disturbada por acciones directas o indirectas del hombre. En general, una comunidad vegetal estable está en equilibrio dinámico con el clima, el suelo y también con el régimen particular de disturbio que exista en el área. Esta comunidad estará controlada por procesos autogénicos y alogénicos que producen cambios constantes dentro de la misma dando como resultado el mantenimiento del estado estable. De no mediar alguna alteración significativa, como puede ser un aumento en el nivel de disturbio o por el contrario, la supresión del régimen de disturbio bajo el cual la comunidad permanece en equilibrio, la misma puede sufrir cambios, decaer y eventualmente ser reemplazada por otra comunidad (Boccanelli y Lewis 2006). Al modificar el patrón habitual de pastoreo de las poblaciones de herbívoros silvestres, ya sea por la introducción de animales domésticos, por la caza o por la reducción de áreas disponibles, se inducen alteraciones que pueden superar el nivel adaptativo alcanzado por la comunidad vegetal y en tal situación el pastoreo podría entrar en la categoría de disturbio. Cuando

los herbívoros nativos son drásticamente reemplazados por herbívoros domésticos, los hábitos alimenticios y el comportamiento de estos últimos pueden ser tan distintos de los de sus predecesores que inician una nueva etapa de relaciones en la comunidad vegetal, generando alteraciones en el sistema como cambios en la composición y estructura de la comunidad (Archer 1994).

La cría de ganado doméstico en los ecosistemas naturales se intensificó en los últimos 200 años. En ese lapso de tiempo, la población de ganado doméstico aumentó rápidamente excediendo la capacidad de carga de los pastizales naturales debido a que los animales fueron mantenidos en altas concentraciones en sitios restringidos y protegidos de predadores y de enfermedades (Archer 1995). Este proceso se caracterizó por un pastoreo intenso y continuo que produjo cambios en la composición florística de los pastizales naturales, entre ellos el incremento en la abundancia de especies leñosas indeseables (Walker *et al.* 1981; Cingolani *et al.* 2005). En los pastizales del sudoeste de la región pampeana, el pastoreo intenso del ganado vacuno favorece el establecimiento y el crecimiento temprano de las plántulas de *Prosopis caldenia* (caldén) probablemente al debilitar la capacidad competitiva de los pastos perennes (de Villalobos *et al.* 2005a y 2005b). El avance de especies leñosas exóticas sobre los pastizales naturales también está relacionado con el efecto del sobrepastoreo de ganado doméstico, ya sea en poblaciones ferales o bajo régimen productivo. En las sierras australes se incrementó la abundancia de *Pinus halepensis* (pino de Alepo) como consecuencia del efecto de la acción de caballos cimarrones sobre la resistencia del pastizal a la invasión, al disminuir la cobertura de herbáceas y favorecer el reemplazo de los pastos perennes por especies anuales oportunistas (de Villalobos y Zalba 2010, de Villalobos *et al.* 2011). Chaneton *et al.* (2012) adjudican el incremento de leñosas nativas (*Buta yatay*, *Celtis tala*) y exóticas (*Melia azedarach*, *Morus alba*, *Ligustrum lucidum*) en la Pampa Húmeda a múltiples factores, entre los que se destacan una alta presión de propágulos, como consecuencia del efecto

de la fragmentación de los pastizales, convirtiéndolos en una matriz interconectada con corredores de forestaciones de árboles exóticos, y a la relajación de la competencia del estrato herbáceo, consecuencia de las prácticas agrícolas y ganaderas.

En términos productivos, el incremento en la densidad de arbustos indeseables reduce la capacidad de carga y la producción sustentable de ganado en los pastizales naturales, disminuye la diversidad de la comunidad y afecta las interacciones entre organismos (Archer 1995, de Villalobos y Zalba 2010). Los pastizales naturales poseen más de un estado estable en su comunidad vegetal con transiciones entre estados y distintos grados posibles de recuperación después de ocurrido un disturbio (Wondzel y Ludwig 1995). La transición a estados más degradados o de declinación de la condición del pastizal natural puede ser desencadenada por la combinación de pastoreo intenso y sequía (Westoby *et al.* 1989). Estos estados degradados, resultantes de diferentes combinaciones de pastoreo, fuego y variabilidad climática pueden conducir al ecosistema a un nuevo estado el cual puede resultar difícil de revertir (Walter y Noy-Meir 1982, Milchunas *et al.* 1988, Westoby *et al.* 1989, Wardle *et al.* 2000). Briske *et al.* (2008) reconoce dos umbrales críticos en los pastizales naturales: uno que separa el pastizal del arbustal y otro que separa el suelo estable del suelo degradado. La reducción drástica de la cubierta vegetal herbácea determina la relación entre estos dos umbrales. El cambio de un pastizal con predominio de vegetación herbácea a otro con predominio de especies leñosas se produce cuando el estrato herbáceo es pastoreado hasta niveles donde no es posible su recuperación (Wiegand y Milton 1996). El consumo frecuente de algunas especies más preferidas por el ganado puede alterar la germinación, la supervivencia y el crecimiento de las plantas (Archer 1994).

La rehabilitación de los pastizales naturales sobrepastoreados es dificultosa y muchas veces imposible. Esto es debido a la inercia demográfica que ocurre cuando una especie domina la comunidad vegetal y no existen sitios disponibles para el establecimiento de las especies

competidoras herbáceas y leñosas (Wiegand y Milton 1996). Los ecosistemas que poseen una alta diversidad de especies son más productivos, más resistentes y se recuperan más rápido de los disturbios o de las perturbaciones (Tilman y Downing 1994). Los incrementos en la intensidad de pastoreo acompañado por el consumo preferencial de algunas especies por el ganado doméstico puede disminuir la diversidad de especies (Tilman 1997), aunque algunas evidencias sugieren que el pastoreo puede incrementar o no influir sobre la diversidad de un ecosistema, dependiendo siempre de un umbral de intensidad de pastoreo (Milchunas *et al.* 1988). Las especies vegetales dominantes en una comunidad bajo una determinada presión de pastoreo, pueden convertirse en subordinadas o desaparecer de la comunidad cuando la intensidad de pastoreo aumenta (Sternberg *et al.* 2000). El uso selectivo que hace el ganado doméstico de la vegetación beneficia a las especies habitualmente no consumidas. Así, en los ecosistemas naturales de pastoreo se producen cambios en la composición de especies asociados con el pastoreo intensivo que resultan en el remplazo de gramíneas palatables por leñosas indeseables (Todd y Hoffman 1999). Numerosos trabajos informan de este reemplazo de especies en pastizales naturales de América (Wondzell y Ludwig 1995), Australia (Auld 1990) y África (Cornelius y Schultka 1997).

Las relaciones de competencia contribuyen a determinar el balance de la abundancia relativa de los estratos herbáceo y leñoso en los pastizales naturales. Walker y Noy-Meir (1982) establecieron un modelo de competencia entre ambos estratos basado en la obtención del agua a partir de distintas profundidades del suelo. Según este modelo, el estrato herbáceo es más eficiente que el leñoso en la extracción de agua desde la capa superficial del suelo (0-25 cm de profundidad); por su parte, la vegetación leñosa tiene acceso casi exclusivo a fuentes de agua que se encuentran a mayor profundidad. De esa forma se establece un equilibrio estable entre los componentes de ambos estratos. Sin embargo, si el estrato herbáceo disminuye su proporción en el pastizal

natural al ser consumido intensamente por el ganado doméstico el equilibrio se rompe, lo cual favorece a la vegetación leñosa (Walker *et al.* 1981). La defoliación intensa y frecuente de las especies herbáceas disminuye su habilidad para explotar los recursos del medio reduciendo de tal manera su capacidad para impedir o dificultar el establecimiento de plántulas de especies leñosas. El pastoreo intensivo, por su frecuencia y severidad, reduce el área foliar de las gramíneas y afecta su capacidad de crecimiento después de la defoliación. Por lo tanto, disminuyen su capacidad fotosintética, superficie de transpiración y actividad radical, reduciendo la producción de semillas, y aumentando la mortalidad y la susceptibilidad de las mismas a otros disturbios (Archer 1995, Fahnestock y Detling 2000).

El pastoreo intenso puede alterar las características estructurales y propiedades fisicoquímicas del suelo (Wondzell y Ludwig 1995, Reid *et al.* 1999). La presencia de vegetación herbácea protege al suelo de la erosión hídrica y eólica (Rietkerk y van de Koppel 1997). La defoliación intensa y el pisoteo reducen la cobertura del estrato herbáceo y la capacidad de infiltración del suelo, e incrementan la proporción de suelo desnudo y la compactación. Asimismo, la superficie del suelo es sometida a una mayor intensidad de insolación lo cual aumenta su tasa de evaporación (Breshears *et al.* 1997, Davenport *et al.* 1998). La alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo y el aumento de sitios sin cobertura herbácea pueden aumentar las probabilidades de establecimiento exitoso de plántulas de especies leñosas (Friedel 1991, Archer 1995, Davenport *et al.* 1998).

La disponibilidad de nutrientes en el suelo es modificada por el pastoreo con ganado doméstico (Frank *et al.* 2000). El consumo de la biomasa vegetal aérea y los cambios microclimáticos causados por el pastoreo alteran el ciclo de los nutrientes (Archer y Smeins 1991). En general, el aumento de la temperatura del suelo por la disminución de la cobertura herbácea y las deposiciones de heces y orina del ganado incrementan la actividad microbiana. Como resultado de ello, se produce el aumento de la concentración de nutrientes y de la actividad de los microorganismos en el suelo

(Davies *et al.* 1999, Frank *et al.* 2000, Posse *et al.* 2000). Sin embargo, cuando la intensidad de pastoreo es alta o muy alta se produce una reducción de la fertilidad del suelo debido a la pérdida de nutrientes por efectos de la erosión hídrica y/o eólica al disminuir la biomasa vegetal herbácea capaz de retenerlos en el ecosistema (Rietkerk y van de Koppel 1997, Scholes y Archer 1997).

El fuego ha cumplido un papel trascendental en el origen, en la evolución y en el mantenimiento de los pastizales naturales, principalmente en aquellas áreas en las que la vegetación leñosa puede competir con la vegetación herbácea (Wright y Bailey 1982). Su ocurrencia periódica permite mantener la densidad de los arbustos bajo control y prevenir de esa forma su dispersión. En la actualidad su influencia es mucho menor principalmente a causa de una mayor utilización de los pastizales con animales domésticos, lo cual reduce en forma significativa la acumulación de materia seca capaz de entrar en combustión. En consecuencia, esto reduce o elimina el papel que desempeña el fuego como agente de control de plántulas y renovales de especies leñosas (Archer 1995).

El efecto del pastoreo sobre la estructura y el funcionamiento de los pastizales naturales, conjuntamente con aquellos producidos por el fuego y la variabilidad climática, es complejo por la gran cantidad de factores directos e indirectos que inciden en la respuesta. En consecuencia, resulta evidente que la sustentabilidad de los pastizales requiere un manejo que conserve el suelo y que asegure un balance favorable entre gramíneas forrajeras y especies leñosas. Se han propuesto diversas herramientas para el control de la arbustización en los pastizales naturales, como el empleo de quemados prescritos o controlados (Bóo 1990), el control mecánico mediante el rolado (Böker *et al.* 1989) y el control químico por medio de la aplicación localizada (topicado) de herbicidas (Peláez y Bóo 1987). Cada una de estas propuestas posee distinto grado de efectividad, y dado los altos costos económicos, de esfuerzo y de tiempo que requieren este tipo de controles, sigue siendo deseable aplicar medidas preventivas

para reducir el riesgo de establecimiento de especies leñosas como la implementación de los sistemas de pastoreo que faciliten la reducción de la carga animal y de la frecuencia del pastoreo (Luisoni 2010).

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, T.F.H. y Starr, T.B. 1982. *Hierarchy: Perspective for ecological diversity*. University Chicago Press. Chicago. USA 310 págs.
- Archer, S. y Smeins, F.E. 1991. Ecosystem-level processes: 109-139. En: *Grazing Management. An Ecological Perspective* (Eds. Heitschmidt, R.K. and Stuth, J.W.). Timber Press, Portland.
- Archer, S. 1994. Woody plant encroachment into southwestern grassland savannas: Rates, patterns and proximate causes: 13-68. En: *Ecological Implications of Livestock Herbivory in the West* (Eds. Vavra, M., Laycock, W.A. and Pieper, R.D.). Society of Range Management, Denver.
- Archer, S. 1995. Tree-grass dynamics in a *Prosopis*-thornscrub savanna parkland: Reconstructing the past and predicting the future. *Ecoscience* 2 : 83-99.
- Auld, T.D. 1990. Regeneration in populations of the arid zone plants *Acacia carnei* and *A. oswaldii*. *Proc. Ecology Society Australian* 16: 267-272.
- Boccanelli, S.I. y Lewis, J.P. 2006. Breve revisión del desarrollo de los conocimientos sobre la dinámica de la vegetación. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR* 10: 37-43.
- Böker, R., Gulielmetti, B. y Knudtsen, O. 1989. Control de malezas leñosas en pasturas. *Revista de la Sociedad Rural de Jesús María* 53:45-48.
- Bóo, R.M. 1990. Algunos aspectos a considerar en el empleo del fuego. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de La Pampa* 5: 63-80.
- Breshears, D.D., Rich, P.M., Fairley, J.B. y Campbell, K. 1997. Overstory-imposed heterogeneity in solar radiation and soil moisture in a semiarid woodland. *Ecological Applications* 7: 1201-1215.

- Briske, D.D. y Heitschmidt, R.K. 1994. An Ecological perspective: 11-26. En: *Ecological Implications of Livestock Herbivory in the West* (Eds. Vavra, M., Laycock, W.A. and Pieper, R.D.). Society of Range Management, Denver.
- Briske, D.D., Bestelmeyer, B. T., Stringham, T. K. y Shaver, P. L. 2008. Recommendations for Development of Resilience-Based State-and-Transition Models. *Rangeland Ecology & Management* 61: 359-367.
- Chaneton, E. J.; Mazía, Batista, W.B., Rolhauser, A.G. y Ghera, C.M. 2012. Woody plant invasions in Pampa grasslands: a biogeographical and community assembly perspective. En: *Ecotones between forest and grassland*. (Ed. Myrberg, R. W.) Berlin, Alemania, Springer: 115-144.
- Cingolani, A.M., Noy-Meir, I. y Diaz, S. 2005. Grazing effects on rangeland diversity: A synthesis of contemporary models. *Ecological Applications* 15: 757-773.
- Cornelius, R. y Schultka, W. 1997. Vegetation structure of a heavily grazed range in northern Kenya: ground vegetation. *Journal of Arid Environment* 36: 459-474.
- Davenport, D.W., Breshears, D.D., Wilcox, B.P. y Allen, C.D. 1998. Viewpoint: Sustainability of piñon-juniper ecosystems -a unifying perspective of soil erosion thresholds. *Journal of Range Management* 51: 231-240.
- Davis, M.A., Wrage, K.J., Reich, P.B., Tjoelker, M.G., Schaeffer, T. y Muermann, C. 1999. Survival, growth, and photosynthesis of tree seedlings competing with herbaceous vegetation along a water-light-nitrogen gradient. *Plant Ecology* 145: 341-350.
- de Villalobos, A.E., Peláez, D.V. y Elia, O.R. Factors related to establishment of *Prosopis caldenia* Burk. Seedlings in central semi-arid rangelands of Argentina. *Acta Oecologica* 27: 99-106.
- de Villalobos, A.E., Peláez, D.V. y Elia, O.R. 2005b. Growth of *Prosopis caldenia* Burk: seedlings in central semi-arid rangelands of Argentina. *Journal of Arid Environments* 61: 345-356.
- de Villalobos, A.E. y Zalba, S.M. 2010. Continuous feral horse grazing and grazing exclusion in mountain pampean grasslands in Argentina. *Acta Oecologica* 36: 514-519.
- de Villalobos, A.E., Zalba, S.M. y Peláez, D.V. 2011. Pinus halepensis invasion in mountain pampean grassland: effects of feral horses grazing on seedling establishment. *Environmental Research* 111: 953-959.
- Fahnestock, J.T. y Detling, J.K. 2000. Morphological and physiological responses of perennial grasses to long-term grazing in the Pryor Mountains, Montana. *American Midland Naturalist* 143: 312-320.
- Frank, D.A., Groffman, P.M., Evans, R.D. y Tracy, B.F. 2000. Ungulate stimulation of nitrogen cycling and retention in Yellowstone Park grasslands. *Oecologia* 123: 116-121.
- Friedel, M.H. 1991. Range condition assessment and the concept of thresholds: A viewpoint. *Journal of Range Management* 44: 422-426.
- Grime, J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist* 111: 1169-1194.
- Luisoni, L.H. 2010. Pastoreo rotativo en pastizales. *Jornadas San Cristobal, INTA*.
- McNaughton, S.J. 1985. Ecology of a grazing ecosystem: The Serengeti. *Ecological Monographs* 55: 259-294.
- McNaughton, S.J., Ruess, R.W. y Seagle, S.W. 1988. Large mammals and process dynamics in African Ecosystems. *BioScience* 38: 794-800.
- Milchunas, D.G., Sala, O.E. y Lauenroth, W.K. 1988. A generalized model of effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist* 132: 87-106.
- Peláez, D. y Bóo, R. 1987. Relaciones de algunos factores ambientales y morfológicos con la aplicación de herbicidas en cinco especies arbustivas del Caldenal. *Revista Malezas* 15:5-33.
- Posse, G., Anchorena, J. y Collantes, M.B. 2000. Spatial micro-patterns in the steppe of Tierra del Fuego induced by

- sheep grazing. *Journal of Vegetation Science* 11: 43-50.
- Reid, K.D., Wilcox, B.P., Breshears, D.D. y MacDonald, L. 1999. Runoff and erosion in a piñon-juniper woodland: Influence of vegetation patches. *Soil Science Society of American Journal* 63: 1869-1879.
- Rietkerk, M. y van de Koppel, J. 1997. Alternate stable states and threshold effects in semi-arid grazing systems. *Oikos* 79: 69-76.
- Scholes, R.J. y Archer, S.R. 1997. Tree-grass interactions in savannas. *Annual Review Ecological Systems* 28: 517-544.
- Stenberg, M., Gutman, M., Perevolotsky, A., Ungar, E.D. y Kigel, J. 2000. Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: a functional group approach. *Journal of Applied Ecology* 37: 224-237.
- Tilman, D. y Downing, J.A. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367: 363-365.
- Tilman, D. 1997. Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity. *Ecology* 78: 81-92.
- Todd, S.W. y Hoffman, M.T. 1999. A fence-line contrast reveals effects of heavy grazing on plant diversity and community composition in Namaqualand, South Africa. *Plant Ecology* 142: 169-178.
- Walker, B.H., Ludwig, D. Holling, C.S. y Peterman, R.M. 1981. Stability of semi-arid savanna grazing systems. *Journal of Ecology* 69: 473-498.
- Walker, B.H. y Noy-Meir I. 1982. Aspects of the stability and resilience of savanna ecosystems. En: Huntley BJ, Walker BH. (eds). *Ecology of Tropical Savannas*. Springer-Verlag. Pp. 556-590.
- Wardle, D.A.; Bonner, K.I. y Barker, G.M. 2000. Stability of ecosystems properties in response to above-ground functional group richness and composition. *Oikos* 89: 11-23.
- Weixelman, D.A.; Zamudio, D.C.; Zamudio, K. A. y Tausch, R.J. 1997. Classifying ecological types and evaluating site degradation. *Journal of Range Management* 50: 315-321.
- Westoby, M. Walker, B. y Noy-Meir, I. 1989. Opportunistic management for rangelands not a equilibrium. *Journal of Range Management* 42 (4): 266-274.
- Wiegand, T. y Milton, S.J. 1996. Vegetation change in semiarid communities. *Vegetatio* 125: 169-183.
- Wondzell, S. y Ludwig, L. 1995. Community dynamics of desert grasslands: Influences of climate, landforms and soils. *Journal of Vegetation Science* 6: 377-390.
- Wright, H.A. y Bailey, A.W. 1982. *Fire Ecology*. John & Sons, New York, USA. 501 págs.

Recibido: 29-05-2013
Aceptado: 15-08-2013