

UN MODELO DE ESTADOS Y TRANSICIONES DE LA SABANA HIPERESTACIONAL DE LOS LLANOS VENEZOLANOS

A MODEL OF STATES AND TRANSITIONS FOR THE HYPERSEASONAL SAVANNA OF
THE VENEZUELAN LLANOS.

Marta Pereira da Silva^{1,3} y *Guillermo Sarmiento*²

¹Postgrado en Ecología Tropical y ²Centro de Investigaciones Ecológicas de Los Andes
Tropicales (CIELAT), Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida 5101, Venezuela.

³Centro de Pesquisa Agropecuaria do Pantanal, EMBRAPA, Corumbá, Brasil.

E-mail: marta@cpap.embrapa.br

RESUMEN

La sabana hiperestacional es el ecosistema más extendido en los Llanos inundables venezolanos. Determinado por su peculiar régimen hídrico anual, este ecosistema es utilizado como sustento de una producción ganadera extensiva. Dos son los factores claves que se manejan en este sistema productivo: frecuencia de quemas y carga animal. En el modelo que se presenta se reconocen cuatro estados, consecuencia del diferente juego de estos dos factores, con transiciones reversibles entre los mismos, excepto cuando se disminuye drásticamente el fuego o cuando la presión de pastoreo es tan intensa que provoca la apertura del estrato herbáceo y la invasión de especies exóticas. Se discuten las características de los estados así como las condiciones generales de equilibrio del sistema.

Palabras clave: sabana hiperestacional, Llanos inundables, fuego, pastoreo, balance hídrico.

ABSTRACT

The hyperseasonal savanna is the most widespread ecosystem in the flooded regions of the Venezuelan Llanos. Determined by its peculiar annual water regime, this ecosystem is the cornerstone for the cattle raising industry in that area. Two are the key factors that could be managed under the actual productive system: fire frequency and stocking rate. In our model four different estates are distinguished as a consequence of the interplay of these two factors, with reversible transitions between them, except when fire frequency becomes too low or when grazing pressure induces the opening of the herbaceous layer and the subsequent invasion of alien species. We discuss the major functional and dynamic characteristics of the estates as well as the steady state conditions for the system as a whole.

Key words: hyperseasonal savanna, flooded Llanos, fire, grazing, soil water regime

INTRODUCCIÓN

Una proporción importante de los Llanos Venezolanos está ocupada por sabanas inundables. En efecto, estas constituyen los ecosistemas predominantes en el sur de los Estados Barinas y Portuguesa y en la región del Estado Apure entre los ríos Apure y Arauca. Su extensión total en Venezuela ha sido estimada en 1.730.000 ha (Escobar y Gonzalez Jimenez 1976). Según Sarmiento (1984, 1990), las sabanas inundables se pueden dividir en dos tipos ecológicos de acuerdo a su régimen hídrico anual: las sabanas hiperestacionales y las semiestacionales. Las primeras son características de los bajíos, formas aluviales que ocupan sitios topográficamente intermedios entre los sitios más altos o bancos, donde predominan las sabanas estacionales, y las cubetas en las posiciones más bajas del relieve, en las que aparecen sabanas semiestacionales. En la zona de sabanas inundables del Estado Apure, de donde proviene la mayor parte de la información utilizada en este modelo, los bajíos ocupan alrededor del 70 % del área total.

El régimen hídrico anual en la sabana hiperestacional se caracteriza por cuatro períodos diferentes a lo largo del ciclo anual: una estación seca de unos 4 meses de duración; una estación de 4 a 5 meses, en que el suelo permanece saturado y la superficie del mismo encharcada; y dos períodos intermedios entre esas dos estaciones contrastantes, cuando el agua en el suelo se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente (Sarmiento 1984). Esta pronunciada estacionalidad hídrica es responsable a su vez de la estacionalidad en la producción primaria del ecosistema, la que por su parte determina una oferta irregular de forraje para los herbívoros. La principal época de deficiencia en la cantidad y calidad del forraje disponible es al final de la estación seca y comienzos de la lluviosa, cuando la mayor parte de la biomasa aérea está

seca o recién comenzando a rebrotar. Un segundo período crítico corresponde al pico de las lluvias, cuando los bajíos están anegados, disminuyendo en consecuencia la producción primaria. Otro factor relevante relacionado con la productividad y con el manejo pastoral de la sabana hiperestacional, es el rápido deterioro en la calidad del forraje (proteína y digestibilidad), a medida que las hojas de las gramíneas envejecen, limitándose por consiguiente el período de aprovechamiento óptimo al de producción activa de nuevas hojas. Con todo, las sabanas hiperestacionales son aparentemente más productivas que las estacionales y su oferta forrajera es de mayor calidad.

El Estado Venezolano desarrolló a partir de los años 70, un importante proyecto de manejo hidrológico de las sabanas de Apure mediante la construcción de diques y compuertas para controlar el drenaje superficial y mantener represada el agua durante la estación seca, con el objetivo de prolongar el período favorable de aprovechamiento de las sabanas inundables. Este manejo por módulos encerrados por diques transversales al drenaje general y perpendiculares a dos ríos o caños paralelos, parece haber incrementado la capacidad de carga de las sabanas (Tejos *et al.* 1990). El control de las aguas de escorrentía superficial en los módulos, junto con el uso del fuego y el control de la intensidad del pastoreo, constituyen las principales herramientas de manejo ambiental que se utilizan con miras a intensificar el sistema de producción de ganadería de cría y recría imperante en los grandes hatos de esta región.

El objetivo de este trabajo es modelizar la dinámica del ecosistema sabana hiperestacional, organizando la información disponible hasta el momento mediante la metodología de los modelos de estados y transiciones (Westoby *et al.* 1989). Los dos factores que se tomaron en cuenta como responsables de las transiciones entre los diferentes estados del sistema son el fuego y el pastoreo.

El manejo del agua en cambio, induce la transformación completa del sistema hacia los otros dos tipos de sabanas : estacionales y semiestacionales, por lo que no será considerado en este trabajo.

ÁREA DE ESTUDIO

La sabana estudiada se encuentra en el Hato El Frío (7°45'N, 68°55' W), en los Llanos inundables del Estado Apure, entre las localidades de El Samán y Mantecal. Sus altitudes están en el rango de 65 a 70 m snm. Este hato de 80.000 ha, hace ganadería de cría y recría de manera extensiva, basada únicamente en la utilización de las sabanas naturales, algunas moduladas otras sin control de aguas. Posee unas 38.000 cabezas de ganado, con una capacidad de carga entre 0,25 y 0,50

UA/ha. Además mantiene 6.000 caballos y una fauna nativa de grandes herbívoros estimada en 27.000 chiguire y 5.000 venados (Ramía 1972, Herrera 1992).

El relieve es muy plano, con una pendiente general hacia el Este de tan sólo 0,02%. La precipitación anual es relativamente alta: 1500 mm, concentrados en una estación lluviosa (mayo a octubre) donde se registra el 90% del total anual. El período climáticamente seco se extiende entonces de noviembre a abril. La temperatura media anual es de 27°C, con una amplitud diaria media de 9,5°C y una marcada isoterminia anual.

En la zona de estudio la sabana hiperestacional se extiende por depósitos aluviales del Cuaternario medio donde

Tabla 1. Algunas características de los diferentes estados del ecosistema sabana hiperestacional en los Llanos Venezolanos. El Estado II, el más común bajo el actual sistema de manejo, se ha tomado como referencia, indicando para los otros tres estados si la condición respectiva aumenta (+) o decrece (-)

Estados:	I	II	III	IV
Grupo funcional dominante	Gramíneas	Idem	Idem	Hierbas anuales y perennes
Riqueza específica	-	14-24	+	-
Riqueza funcional	alta	alta	+	-
Biomasa aérea máxima	-	300	-	-
PPNa	-	500-900	-	-
Consumo de forraje	-	250-500	+	-
Calidad forrajera	-	Estacional	+	Si
Invasoras herbáceas	Si	No	No	Si
Invasoras leñosas	Si	No	No	-
MOS	+	1,4-2,0 %	+	+

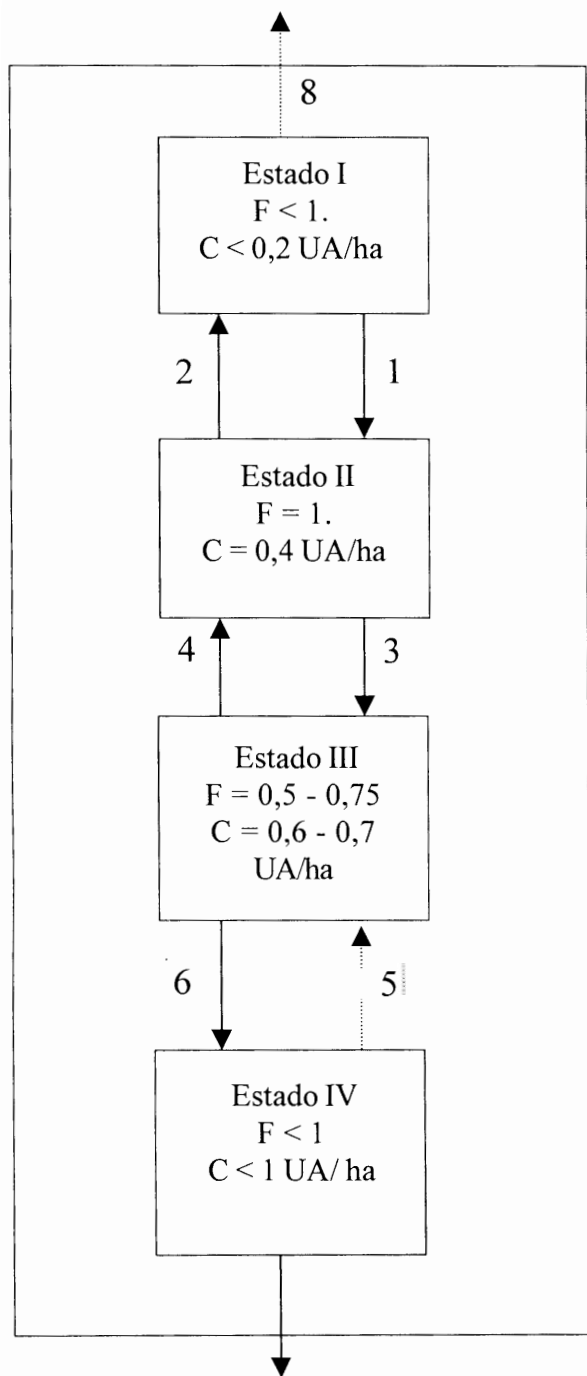


Figura 1. Modelo de estados y transiciones de la sabana hiperestacional. Cada estado se caracteriza por la frecuencia de quemas (F) y la carga animal (C). Las transiciones 7 y 8 conducen a otros sistemas y, en principio, no son reversibles.

han evolucionado suelos clasificados como *tropaqualfs* (ECOSA 1980), por poseer un horizonte iluvial bien desarrollado pero con tasas de saturación superiores al 35%. La presencia generalizada de estos horizontes arcillosos, que conforman *claypans* muy poco permeables, determina un régimen *áquico* de humedad del suelo, con varios meses consecutivos con agua por encima de la capacidad de campo, lo que conduce a un anegamiento de hasta 20 o 30 cm de altura.

La sabana hiperestacional en estos bajíos está dominada por tres o cuatro especies de gramínes perennes: *Paspalum chaffanjonii*, *Panicum laxum*, *Axonopus purpusii*, *Leersia hexandra*, siendo comunes además algunas hierbas anuales como *Cyperus flavescens*, *Fimbristilis dichotoma* y *F. miliacea*, en tanto que la presencia y densidad de malezas anuales y perennes se relaciona con el tipo de manejo ganadero y la presión de pastoreo.

CARACTERÍSTICAS DEL MODELO

Los distintos estados del sistema sabana hiperestacional se presentan como cajas relacionadas entre sí por flechas que indican las posibles transiciones entre los mismos. El Estado I representa el grado menor de alteración del ecosistema y en nuestro caso el IV, el de mayor numeración, indica el estado más modificado por la acción del pastoreo y las quemas. Cada estado ha sido caracterizado por algunos atributos florísticos, estructurales y funcionales, tomando al Estado II como patrón de referencia y comparando los restantes con éste, indicando si el respectivo atributo aumentaba o disminuía (Tabla 1). A continuación analizaremos los principales rasgos que definen los estados y las transiciones que los hacen cambiar de uno a otro (Figura 1).

Estado I: Sabana subutilizada, con carga animal $C < 0,2$ UA/ha, la frecuencia de quemas es $F < 1$, indicando también un uso menos intensivo. Bajo estas condiciones, que no son las normales en estas sabanas en la región de Llanos inundables del Apure, la necromasa en pie se va acumulando hacia el fin de cada estación de crecimiento retardando el rebrote de los pastos cuando comience la nueva estación lluviosa. Por consiguiente la productividad primaria decrece. Es decir la sabana subutilizada, con menor consumo, es asimismo menos productiva. La calidad forrajera también disminuye al aumentar la relación necromasa en pie/biomasa verde, y se vuelven más abundantes algunas malezas. Si estas condiciones se prolongan bastante tiempo, en el caso hipotético que se pudiera mantener el sistema con una muy baja frecuencia de quemas, es posible que entren algunas especies leñosas, las que irán cambiando la fisonomía de la vegetación hacia un arbustal espinoso denso, lo que por supuesto reduce notablemente el valor pastoral de la sabana (Transición 8).

Estado II: Sabana bajo condiciones normales de utilización. C es de alrededor de 0,4 UA/ha y $F \gg 1$. Con respecto a I, la oferta de forraje es mayor y de mejor valor nutritivo y palatabilidad. La necromasa acumulada hacia finales de la estación seca se quema liberando los nutrientes minerales, lo que facilita el rebrote y rápido crecimiento de los pastos al comienzo de las lluvias. Las transiciones 1 y 2 entre los Estados I y II están entonces reguladas por la carga animal y por la frecuencia de quemas.

Estado III: Sabana con alta presión de pastoreo. Aumento de C a 0,6-0,7 UA/ha. Bajo estas condiciones de mayor utilización pecuaria disminuye la necromasa acumulada y por ende también baja algo F a 0,5-0,75. El sistema de producción no puede sin embargo mantener esta carga animal continuamente porque la calidad del forraje durante la estación seca lo impide. Las

transiciones entre II y III y entre ésta y IV: transiciones 3,4,5 y 6, son reversibles y dependen solamente de la presión de pastoreo y la frecuencia de las quemas.

Estado IV: Sabana sobrepastoreada. La intensificación de la presión de pastoreo a $C = 1$ UA/ha conduce a un consumo excesivo de biomasa aérea durante la estación de crecimiento de las gramíneas dominantes y a la consiguiente apertura de la cubierta herbácea y menor incidencia del fuego. Estos espacios vacíos van siendo ocupados por malezas. Así la diversidad de especies nativas disminuye pero se incrementa la de exóticas. Bajo estas condiciones la sabana se desequilibra, pierde su resiliencia y va degradándose hacia una vegetación abierta de malezas y plantas anuales (transición 7). Para poder mantener el sobrepastoreo varios años consecutivos es necesario, o bien retirar el ganado durante la estación seca hacia sabanas semiestacionales que permanecen más tiempo verdes, o recurrir a fuentes alternativas de forraje. Bajo estas presiones de pastoreo la degradación de la cobertura gramínea podría ser difícil de revertir, haciendo poco probable la transición 5 hacia el Estado III.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La sabana hiperestacional tropical de los Llanos Venezolanos es un ecosistema sometido a dos estreses hídricos opuestos durante cada ciclo anual: varios meses de deficiencia de agua en el suelo, cuando los horizontes superiores, donde se acumula la mayor parte de la biomasa radical de las plantas herbáceas, alcanzan potenciales hídricos sumamente negativos, seguido de un corto período, no mayor de dos meses, en que el suelo se recarga y alcanza potenciales entre el punto de marchitez y la capacidad de campo; luego varios meses consecutivos con condiciones de exceso de agua en el suelo y anegamiento superficial; finalmente

un nuevo y corto período favorable de un par de meses, cuando el suelo se va secando pero sin alcanzar aun los potenciales tan negativos de la estación seca (Sarmiento 1984, 1990, Sarmiento y Vera 1977). A esta estacionalidad en la oferta de agua y en las condiciones de aereamiento del suelo, la sabana hiperestacional responde con un patrón fuertemente estacional de crecimiento y producción.

En efecto, al primer corto período con oferta suficiente de agua en el suelo corresponde una fase de activo crecimiento aéreo; luego con el anegamiento se produce una acentuada disminución del crecimiento con mortalidad de una parte de la biomasa aérea producida precedentemente (Pereira, datos no publicados). A esto le sigue la fase anual de mayor producción al finalizar las condiciones de exceso de agua en el suelo, mientras que finalmente, durante la estación en la que los potenciales hídricos en el suelo se hacen sumamente negativos, las partes aéreas de las gramíneas perennes dominantes se secan casi totalmente (Sarmiento 1984, Pereira, datos no publicados). La oferta forrajera, cuantitativa y cualitativamente, sigue este ritmo productivo de la sabana y por ende éste se refleja también en el consumo por los herbívoros y en la productividad secundaria (DIA 1959, Pereira, datos no publicados).

Pero superpuesto a esta pronunciada estacionalidad hídrica reflejada en el ritmo anual de la producción primaria y secundaria, están jugando algunos otros factores en las características específicas de diferentes tipos de sabanas, o lo que es lo mismo, de los diferentes estados del sistema. El fuego es quizás uno de los más determinantes, cambios en su frecuencia, desde la condición actualmente normal de quemadas casi anuales, hacia frecuencias más bajas, determina rápidos cambios en la vegetación y en el ciclado de nutrientes en el ecosistema, con la consecuencia de que si las quemadas se mantienen

con frecuencias muy bajas, probablemente se alcanzarán estados bastante alejados de condiciones de equilibrio estable, como el Estado IV de nuestro modelo. En este comportamiento frente al fuego, la sabana hiperestacional se asemeja a la sabana estacional (Sarmiento y Silva 1998, Meirelles *et al.* 1998).

El pastoreo es otro factor decisivo en los equilibrios de la sabana hiperestacional. Estas sabanas tienen suelos no tan distróficos como los de las sabanas estacionales y en consecuencia las gramíneas dominantes también presentan mayores concentraciones de nutrientes en las hojas, al menos durante las fases de activo crecimiento. En consecuencia, este sistema tolera capacidades de carga bastante superiores a las que serían posibles en las sabanas estacionales. El problema es que tampoco la presión de pastoreo puede llegar a ser demasiado alta, pues el sistema entrará rápidamente en una fase de desequilibrio conducente a su degradación irreversible. Tampoco sin embargo pueden ser demasiadas bajas, pues además de subutilizarse el recurso, se está conduciendo al sistema hacia estados menos productivos, en nuestro modelo sería el Estado I.

La producción primaria anual aérea de la sabana hiperestacional en los Llanos venezolanos puede considerarse como relativamente alta para pasturas naturales sobre suelos con condiciones físicas tan desfavorables. Los valores medios señalados en la literatura cubren el rango de 500 a 900 g m⁻² año⁻¹ (Escobar y González Jimenez 1975, Sarmiento y Vera 1978, González Jiménez 1978, Bulla *et al.* 1980). Esta PPNa permitiría cargas animales del orden de 1 UA/ha, al menos durante la estación lluviosa, siempre y cuando no hubiera lluvias excepcionales que anegaran demasiado el terreno. Sin embargo la capacidad de carga que permite esta sabana durante los cuatro meses de la estación seca es mucho más baja,

quizás del orden de 0,2 UA/ha y esto sin ganancias de peso por parte del ganado. Para resolver esta contradicción entre la capacidad de carga máxima posible en una estación y la mínima en la estación seca, deben sacarse los animales fuera del sistema hacia las sabanas semiestacionales, o enviarlos al mercado en ese momento, o darles suplemento alimenticio de algún tipo.

Aun con un pastoreo rotativo entre los tres tipos diferentes de sabanas existentes en los Llanos inundables: estacionales, hiperestacionales y semiestacionales, los grandes hatos ganaderos de la zona difícilmente pueden mantener cargas animales medias anuales mayores de 0,4 UA/ha. Esta es la situación que hemos considerado normal actualmente, y el Estado I representa un estado de equilibrio estable del sistema.

La construcción de módulos para el manejo de las aguas superficiales parece mejorar la capacidad productiva de los Llanos inundables, pero esto se logra a través del incremento en el área ocupada por el ecosistema de sabana más productivo: la sabana semiestacional, que ocupa los niveles topográficos más bajos, la que además alcanza su pico productivo justamente cuando los otros dos sistemas sólo pueden ofrecer como recurso forrajero una acumulación de paja seca en pie.

El modelo muestra como los cuatro estados de la sabana hiperestacional están determinados por la frecuencia de quemadas y la intensidad del pastoreo, factores que en conjunto provocan pequeños cambios en la composición, la estructura y el funcionamiento, mientras no sobrepasen los límites de tolerancia o la resistencia al disturbio del ecosistema, pero cuando éste es sobrepasado la sabana se desequilibra y modifica cambiando hacia sistemas de menor interés forrajero.

LITERATURA CITADA

- BULLA, L., J. PACHECO y R. MIRANDA. 1980. Producción, descomposición, flujo de biomasa y diversidad en una sabana de banco del módulo experimental de Mantecal, Edo. Apure, Venezuela. *Acta Científica Venezolana* 31:331-338.
- DIA. Desarrollo Industrial Agrícola C.A. 1959. Recursos Agrícolas, Pecuarios y Forestales del Estado Apure. MAC, Caracas.
- ECOSA. 1980. Estudio Agrológico Gran Visión. Estado Apure. MARNR, Caracas.
- ESCOBAR, A. y E. GONZÁLEZ-JIMÉNEZ. 1976. Estudio de la competencia alimenticia de los herbívoros mayores del Llano Inundable con especial referencia al chigüire (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Revista Agronomía Tropical* XXVI:215-227.
- GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, E. 1979. Primary and secondary productivity in flooded savannas. Pp. 620-625, in *Tropical Grazing Land Ecosystems*. UNESCO/UNEP/FAO, Paris.
- HERRERA, E. 1992. The effect of harvesting on the age structure and body size of a capybara population. *Ecotropicos* 5:20-25.
- MEIRELLES, M. L., C. A. KLINK, y J. C. SOUSA SILVA. 1998. Un modelo de estados y transiciones para el Cerrado brasileño. *Ecotropicos* 10(2):45-50.
- MAURO, R., A. POTT, y M. PEREIRA. 1998. La sabana tropical inundable: el Pantanal arenoso. Una propuesta de modelos de estados y transiciones. *Ecotropicos* 10(2):99-112.
- RAMIA, M. 1972. Cambios en la vegetación de las sabanas del ható El Frío (Alto Apure) causado por diques. *Boletín de La Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, 30:57-90.
- SARMIENTO, G. 1984. *The Ecology of Neotropical Savannas*. Harvard University Press, Cambridge, USA.
- SARMIENTO, G. 1990. Ecología comparada de ecosistemas de sabanas en América del Sur. Pp. 15-56, in G. Sarmiento (ed): *Las Sabanas Americanas*. Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, Caracas.
- SARMIENTO, G. y M. VERA. 1977. La marcha anual del agua en el suelo en sabanas y bosques tropicales de los Llanos de Venezuela. *Agronomía Tropical* 27:629-649.
- SARMIENTO, G. y J. F. SILVA. 1998. Un modelo de estados y transiciones de la sabana estacional de los Llanos Venezolanos. *Ecotropicos* 10(2):51-64.
- TEJOS, R., SHARGEL, R. y F. BERRADE. 1990. Características y perspectivas de utilización de sabanas neotropicales en Venezuela. Pp. 163-190, in G. Sarmiento (ed): *Las Sabanas*

Americanas, Fondo Editorial Acta Científica
Venezolana, Caracas.

WESTOBY, M., B.WALKER y I.NOY-MEIR.1989.
Opportunistic management for rangelands not at
equilibrium. *Journal of Range Management* 42:266-274.

Recibido febrero 1998; revisado junio 1998; aceptado julio 1998