

## ANÁLISIS MULTICRITERIO DEL ESTADO DE LAS PASTURAS DE LA HACIENDA GANADERA GARCÍA ABAJO EN CORINTO (CAUCA, COLOMBIA)

*E. F. Garzón<sup>1</sup>, J. Mora Delgado<sup>1\*</sup>*

*Artículo recibido: 3 de octubre de 2013 · Aprobado: 30 de enero de 2014*

### **RESUMEN**

La evaluación de pasturas utilizando criterios múltiples constituye una herramienta de importancia para la toma de decisiones en el manejo de sistemas ganaderos sostenibles. El objetivo fue construir un índice de estado con base en indicadores productivos y biológicos de los componentes herbáceo y leñoso para tipificar 50 potreros de una explotación ganadera de la Hacienda García Abajo, departamento del Cauca, Colombia. Se levantó información de nueve variables que describen factores incidentes en la producción (área de potreros, edad de la pastura, topografía, árboles y cobertura de dosel), la composición botánica (leguminosas, arvenses, especies de gramíneas) e indicadores de cantidad y calidad de las pasturas (biomasa forrajera y color). Siete de estas variables fueron medidas y calificadas con los uso de una herramienta multicriterio. Mediante estadística multivariada se realizó una tipología de potreros. El conglomerado C1 agrupa los 17 potreros con mayor tiempo de establecimiento, mientras C2 corresponde al de menor cantidad de potreros, los cuales son pasturas jóvenes. C3 agrupa el mayor número de potreros (25), los que a su vez tienen la mayor extensión promedio. C2 fue el conglomerado con mayor producción de biomasa y el que presentó menor porcentaje de vegetación espontánea. En conclusión, el análisis multicriterio para evaluar pasturas permite tomar decisiones y realizar juicios fundamentados sobre diferentes valoraciones, lo cual hace que el diagnóstico sea más acertado y mejor la formulación de soluciones con base en referentes endógenos, a fin de ir mejorando progresivamente el manejo de la finca.

**Palabras clave:** análisis multicriterio, cobertura arbórea, pasturas degradadas, indicadores.

## **MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF GRASSES OF THE FARM LIVESTOCK GARCIA ABAJO IN CORINTO (CAUCA, COLOMBIA)**

### **ABSTRACT**

Evaluation of pasture, based on a multicriteria approach, is an important issue for decision making in the design of sustainable farming systems. The aim was to build a state index, based on production and biological indicators of pasture in 50 paddocks of a farm estate Garcia Abajo, located on department of Cauca, Colombia. Nine variables describing

<sup>1</sup> Grupo de Investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios, Universidad del Tolima. Barrio Santa Helena Parte Alta, A.A. 546, Ibagué, Tolima (Colombia).

\* Autor para correspondencia: jrmora@ut.edu.co

incidents factors in production factors (area of pasture, pasture age, topography, trees and canopy cover), the botanical composition (legumes, weeds, grass species) and indicators of quantity and quality of pastures (forage biomass and color) was measured and ranked with the use of a multi-criteria tool. Using multivariate statistics, a typology of pastures was performed. The C1 cluster groups the 17 paddocks longer listing, while C2 corresponds to fewer paddocks, which are young pastures. C3 contains the largest number of pastures (25), which in turn have the largest area averages. C2 fuel conglomerate highest biomass production, and has the lowest percentage of spontaneous vegetation. In conclusion, the multi-criteria analysis to evaluate pastures allows the decision maker to make judgments based on different ratings, which makes diagnosis and formulating solutions, based on endogenous concerning more successful.

**Keywords:** Multi-criteria analysis, tree cover, degraded pastures, indicators.

## INTRODUCCIÓN

El sistema suelo es la fuente primaria de nutrientes y minerales de la que dependen finalmente las plantas, los animales y el hombre (Estrada 2002). Sin embargo, el equilibrio de esta mezcla dinámica de materiales orgánicos, inorgánicos, aire y agua se altera con la implementación de prácticas agrícolas y pecuarias para la obtención de alimentos y materias primas.

Varios autores han conceptualizado sobre la degradación de pasturas; sin embargo, hay elementos comunes como la pérdida de productividad, la invasión de malezas y la degradación de suelos en condiciones edafoclimáticas y bióticas específicas (León 2006; Spain y Gualdrón 1988; Holmann *et al.* 2004). La degradación de las pasturas puede ser definida como una pérdida en su condición, producto de cambios ecológicos y ambientales negativos, entendiendo como condición de las pasturas, la sumatoria de parámetros tales como la composición botánica y la cobertura vegetal (Szott *et al.* 2000). En síntesis, es un proceso evolutivo de pérdida de vigor, productividad y capacidad de recuperación natural de las pasturas que les impide sostener los

niveles de producción y calidad exigida por los animales, así como superar los efectos nocivos de plagas y enfermedades y diversos manejos inadecuados (Moura *et al.* 2005).

Después de un período prolongado de utilización de las pasturas, es posible que ocurran cambios importantes en la estructura del suelo como la *compactación*, que tapona el sistema poroso, aumenta la escorrentía y el arrastre de partículas, la pérdida de materia orgánica y la disminución del desarrollo de las raíces finas y, por tanto, la extracción de nutrientes (Botero 2013; Hoyos *et al.* 1995). Este deterioro incide en la eficiencia productiva de la pastura, por lo cual es necesaria la indagación sobre sistemas de evaluación sencillas y de bajo costo que puedan ser usadas por los productores para la toma de decisiones (Holmann *et al.* 2004).

Una herramienta importante en la evaluación de pasturas es la formulación de indicadores multicriterio, de fácil construcción e interpretación por parte del productor. Se denomina 'índicador' a una observación empírica que sistematiza aspectos de un fenómeno, los cuales resultan importantes para uno o más propósitos

analíticos y prácticos. Si bien el término 'índicador' puede aludir a cualquier característica observable de un fenómeno, suele aplicarse a aquellas que son susceptibles de expresión numérica (Cecchini 2005). Cuando se emplean varios criterios en el procesos de definición de indicadores se tiene más probabilidad de acierto en los diagnósticos y la toma de decisiones. Así, los análisis multicriterio parten de la base que el decisor debe establecer la importancia relativa de cada uno de los indicadores y de sus objetivos, para luego definir una estructura de preferencias que pueden expresarse mediante ponderaciones (Roche y Vejo 2005). Además, siguiendo a Ravera *et al.* (2009), se utilizan indicadores identificados previamente que representen, a diferente escala, múltiples percepciones de los procesos de degradación. Así, éstos pueden condensarse en un índice que es un indicador agregado o ponderado que se basa en varios otros indicadores o datos (Segnestam *et al.* 2000). El cálculo de un índice es importante por cuanto integra información de varios indicadores y constituye una interpretación numérica susceptible de ser representada mediante gráficas de telaraña. Así, con pocas cifras, es posible determinar cuál es la situación del objeto de análisis.

Teniendo en cuenta el impacto económico y productivo de las pasturas degradadas en los sistemas de producción bovina del país y la necesidad de tomar decisiones frente a la pérdida de la condición de las pasturas y la ausencia de indicadores que facilitaran la ejecución de las prácticas de recuperación más pertinentes, en este trabajo se analizó el nivel de degradación de las pasturas de la hacienda García Abajo (municipio de Corinto, Valle del Cauca), como un modelo para ser usado en otras explotaciones. Se parte de la hipótesis que

el nivel de degradación de las pasturas puede expresarse mediante un índice de estado que integre indicadores del componente herbáceo y la cobertura arbórea de la pastura. Así, el objetivo de este estudio fue construir un *índice de estado* con base en indicadores productivos y biológicos del componente herbáceo y leñoso de la pastura para tipificar los potreros de una explotación ganadera del Valle del Cauca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El presente estudio se llevó a cabo en la Hacienda García Abajo, norte del departamento del Cauca, a 50 km de la ciudad de Cali. La finca está ubicada en el valle geográfico del río Cauca, con las coordenadas 3°12'49.21" latitud Norte / 76°15'42.59" longitud Oeste.

Su relieve corresponde a un área plana frente al flanco occidental de la cordillera central, en el bosque seco tropical a 1.090 msnm y temperatura media de 22°C. Es una de zona seca a húmeda, con precipitación que oscila entre 1.383 y 1.508 mm/anuales, con un déficit marcado en los meses de diciembre, enero, febrero, julio y agosto; la humedad relativa es alta con evaporación de 1.342 mm (IDEAM 2010). Los suelos corresponden al orden Mollisoles con un pH de 6.0 y topografía plana (Quintero *et al.* 2008).

### Unidades de análisis

La unidad de análisis corresponde a los potreros en los cuales se manejan pasturas bajo un sistema de pastoreo rotacional distribuido en 295.59 has con 254 potreros que oscilan entre 0.5 y 3 has. El periodo de descanso es de 20 días y el de ocupación es de 3 días. La carga total de

la hacienda es de 2,97 UGG por ha en la que se incluyen bovinos y equinos. El 75% de las pasturas de la Hacienda García Abajo están compuestas por pasto Estrella (*Cynodon nemfuensis*), el 25% restante se encuentra en especies de Brachiarias, como *decumbens* y *brizantha*, en monocultivo o mezcladas con Estrella.

### Selección de potreros y criterios de evaluación

Para la selección de los potreros que se analizaron se tomó como base el número total de potreros de la hacienda (254) los cuales constituyeron el universo muestral; para ello se solicitó en la oficina de campo de la hacienda un listado de los potreros junto con su nombre y área. Con base en esta información se calculó la muestra de potreros utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1) + Z^2pq}$$

Dónde,  $N$  es el número total de potreros;  $Z = 1,65$ ;  $d$  es el error estimado de 0,1;  $p$  y  $q$  son las probabilidades con las que se presenta el fenómeno.

Para el cálculo del tamaño muestral se consideró el caso más desfavorable en el que la estimación de un parámetro ( $p$ ) =  $q$  = 0,5, es decir, donde cada variable a ser evaluada presentaría una proporción observada del 50%. Con esta asunción el tamaño de la muestra con un nivel de confianza del 90%, y con una precisión esperada en las estimaciones en el orden del 0,1, se llegó a un número muestral de 53 potreros, de los cuales se descartó la información de 3 por inconsistencias.

Para caracterizar el estado de las pasturas se revisaron los protocolos usados por Holmann *et al.* (2004); León (2006) y Barcellos (1986), con base en los cuales se

adaptaron indicadores de fácil manejo por parte de los productores a fin de construir un índice de estado de las pasturas. Los indicadores seleccionados fueron: disponibilidad forrajera, composición botánica, porcentaje de suelo desnudo, edad de la pastura, color de las hojas y número de especies de gramíneas.

Se realizó un inventario de las especies arbóreas presentes en los potreros muestreados, se clasificaron y caracterizaron teniendo en cuenta los indicadores área del dosel, porcentaje de oclusión del dosel, diámetro a altura de pecho (DAP) y altura de los árboles.

### Recolección de la información

Se levantó información de nueve variables las cuales describen factores incidentes en la producción (área de potreros, edad de la pastura, topografía, árboles y cobertura de dosel), la composición botánica (leguminosas, arvenses, especies de gramíneas) e indicadores de cantidad y calidad de las pasturas (biomasa forrajera y color). Siete de estas variables fueron medidas y calificadas con el uso de un formulario con el cual se evaluaron los 50 potreros de la muestra.

La producción de biomasa forrajera se calculó utilizando el método de disponibilidad por frecuencia (MDF) con el método del doble muestreo por rango visual y estimación de la biomasa mediante 60 observaciones usando un marco de 0,25 m<sup>2</sup> en los potreros no mayores de 5 ha, según procedimientos usados por Cuesta (2005) y Haydock y Shaw (1975). Los primeros 20 lanzamientos se utilizaron para registrar el estado de todas las variables de estudio (Tabla 1) y en cada sitio (0,25 m<sup>2</sup>) determinar la composición botánica, para lo cual se realizaron pesajes de las diferentes especies encontradas con

el uso de una balanza de campo. Los 40 sitios restantes se procesaron únicamente para la variable disponibilidad de forraje. Con base en estos datos se obtuvo la tabla matriz de datos y se calificaron los potreros de acuerdo a la escala Likert que representa los posibles niveles de degradación calificados usando la escala del cuadro 1.

### Caracterización del componente arbóreo

Los arboles encontrados en las pasturas muestreadas se identificaron con sus nombres vulgares y científicos. A los individuos inventariados de cada especie se

les hicieron mediciones dasométricas de altura, diámetro a altura de pecho (DAP), área de dosel y oclusión del dosel.

Para determinar la altura de los árboles presentes en los potreros se utilizó un clinómetro. El área del dosel se calculó tomando un diámetro mayor y un diámetro menor en forma transversal con cinta métrica. Para la cobertura de dosel de cada árbol se supuso que el área de proyección vertical es de forma elipsoide y se aplicó la fórmula  $A = \pi (radio\ 1 * radio\ 2)$ .

El porcentaje de oclusión del dosel se determinó utilizando una cámara digital convencional. Se tomaron fotografías bajo

**TABLA 1.** Variables de estudio y escala Likert de los cuatro niveles de degradación utilizada para la evaluación de las pasturas de la hacienda García Abajo, Cauca (2010).

Indicador	Nivel de degradación				
	5	4	3	2	1
Color	Color del follaje normal (Tonalidades de verde oliva brillante)	Entre 11 y 20% de las hojas muestran amarillamiento y/o coloración rojiza en los ápices y/o bordes	Clorosis, hojas rojas y purpura que afecta entre 21 y 30% del área foliar	Plantas con clorosis y coloración roja purpura entre 31 y 40% del área foliar. Necrosis apical	Plantas con clorosis, coloración roja purpura y necrosis, > 40% del área foliar
Número de especies de gramínea	>2	2	1	1	1
Malezas	< 10 %	Notoriedad	Invasión	Dominancia	Degradoación
Leguminosa	<2%	2 a 4%	4 a 6%	6 a 8%	>8%
Edad	1-3 años de establecido	4-6 años de establecido	7-9 años de establecido	10-12 años de establecido	>12 años de establecido
Topografía	Plano y bien drenado	Plano con mal drenaje	Pendiente 5-20%	Pendiente 20-30%	Pendiente > 30%
Biomasa	> 80% para la especie	70-80	50-70%	30-50%	<30

Fuente: Adaptado de Hollman *et al.* (2004) y Barcellos (1986).

el dosel, dirigiendo el lente de la cámara hacia el cenit. En cada árbol se tomaron cuatro fotografías ubicadas en los cuatro puntos cardinales, se analizaron a través del software libre Gap Light Analyzer el cual indicó el porcentaje de oclusión del dosel en un segmento de fotografía escogido al azar. Se tomó la media de los cuatro resultados por árbol para calcular el área real de cobertura arbórea.

Finalmente el área de cobertura de dosel en cada potrero se determinó aplicando la siguiente fórmula:

$$S = (\Sigma(Aci \times Oi) / A \text{ total}) \times 100$$

Donde,  $Aci$  es el área de copa del árbol ( $m^2$ ),  $Oi$  la oclusión del árbol y  $A \text{ total}$  el área total del potrero ( $m^2$ ).

### Análisis estadístico

El conjunto de datos obtenido a partir del trabajo de campo se procesó mediante estadística multivariada. Se implementó un Análisis de Componentes Principales con el fin de identificar las variables con mayor variación. Posteriormente se realizó un Análisis de Conglomerados del que se obtuvieron tres *clusters*; finalmente, se hizo un ANDEVA para detectar diferencias de medias de las variables entre los tres conglomerados.

### Construcción del índice de estado

Con base en las calificaciones obtenidas por cada potrero en la escala Likert, se tiene un indicador para cada variable analizada y se representa mediante un biogramas que reflejan el nivel de degradación de cada grupo de potreros. Con los indicadores evaluados en cada potrero se construyó un índice de estado que permitiera comparar de manera integral las diferentes unidades de análisis. El índice se calcula como sigue:

$$IE = F(1) \sum_{i=1}^K (X_{i(pot)}) / var$$

Donde,  $IE$  es el índice de estado;  $X_{i(pot)}$  promedio de la  $i$ -ésima característica para cada potrero con  $i: 1, 2, 3 \dots K$  características;  $var$ , número de variables analizadas;  $F$ , factor de ponderación (color 0,05; arvenses 0,24; leguminosa 0,1; edad 0,01; topografía 0,2; biomasa: 0,25; gramíneas: 0,15).

Los índices de estado se representan en un plano cartesiano que permite visualizar la ubicación de los potreros respecto al índice promedio para cada conglomerado de potreros.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis multivariado se emplearon 7 de las 10 evaluadas, excluyendo la topografía de los potreros y el color por ser variables cualitativas; sin embargo, la información fue usada en la construcción del índice de estado. Las variables usadas en el agrupamiento fueron: 'área potrero'; 'leguminosas'; 'arvenses'; 'gramíneas'; 'árboles/ha'; 'cobertura de dosel', 'biomasa forrajera' y 'edad'.

### Agrupamiento de los potreros

El Análisis de Componentes Principales (ACP) permite reducir el número de variables en un análisis, con el fin de facilitar la interpretación, la visualización y la comprensión de las relaciones entre variables. Para ello se calcularon las variables sintéticas o componentes principales, siendo cada una de ellas una combinación lineal de las variables originales.

Mediante ACP se extrajeron tres componentes principales que en total dan cuenta del 66% acumulado de la variación de la matriz original de 7 variables en 50 potreros (Figura 1). Los valores propios

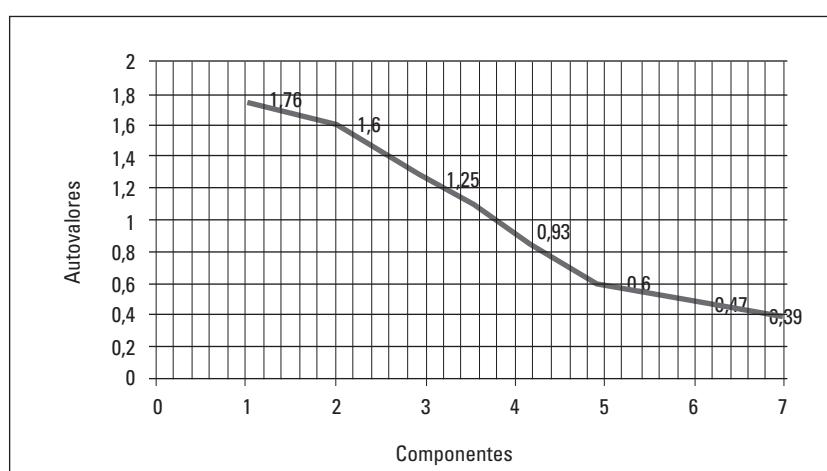
muestran que el primer componente con un valor  $\lambda = 1,76$  explica el 25% de la variación; el segundo componente con un valor  $\lambda = 1,60$  explica el 23% de la variación; el tercer componente con  $\lambda = 1,25$  explica el 18 % de la variación. El gráfico de valores propios (Eigenvalues) confirma que más allá del tercer componente principal se reduce significativamente la tasa de ganancia de información asociada a la inclusión de un componente adicional.

Las correlaciones con las variables originales revelan que el CP1, las variables 'edad', 'leguminosas' y 'arvenses' reciben los pesos positivos más altos y la variable 'biomasa forrajera' el peso negativo más alto. Eso significa que CP1 opondrá potreros de mayor edad, los cuales tienen una composición botánica con más cobertura de leguminosas y arvenses a aquellos potreros con mayor producción de biomasa forrajera, que posiblemente son los de menor edad. Por otra parte, en el CP2 se destaca la variabilidad positiva introducida por el 'número de árboles' y la 'cobertura de dosel'. 'Gramíneas' y

'biomasa' forrajera explican el CP3 y, de manera, negativa las 'arvenses'. Según Di Rienzo *et al.* (2008) la ortogonalidad de las componentes principales garantiza que la CP2 y CP3 provean nueva información sobre variabilidad respecto a la provista por la CP1, es decir, explica variabilidad en los indicadores de productividad y biológicos de las pasturas no explicada por la CP1 (Tabla 2).

**TABLA 2.** Matriz de correlación con las variables originales.

Variables	e1	e2	e3
Área potrero	0,13	-0,32	0,18
Leguminosas	0,43	-0,31	0,17
Arvenses	0,38	0,11	-0,57
Gramíneas	0,27	0,12	0,61
Arboles/ha	0,16	0,61	0,16
Cobertura de dosel	-0,11	0,62	-0,01
Biomasa forrajera	-0,46	-0,03	0,42
Edad	0,57	0,1	0,2



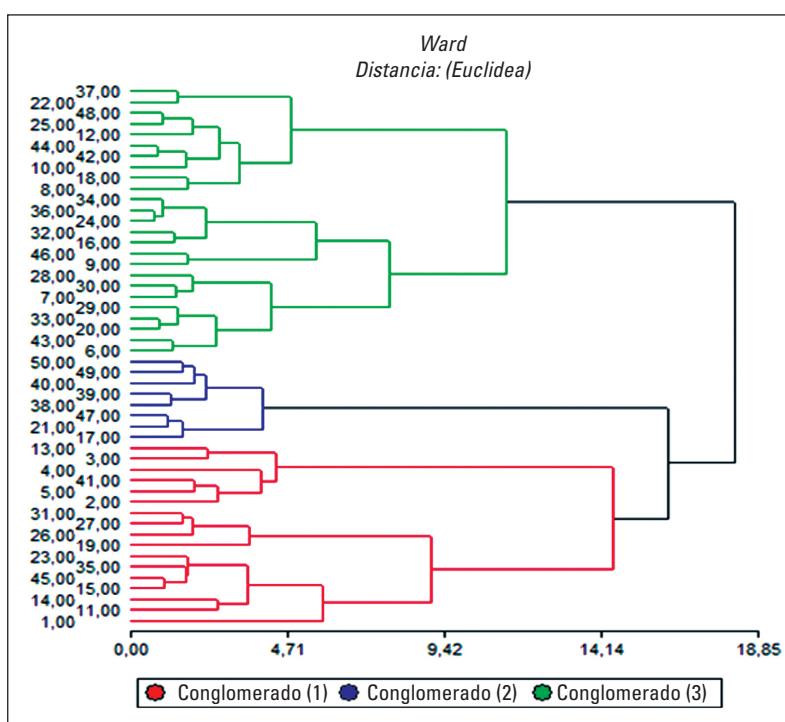
**FIGURA 1.** Gráfico de sedimentación por autovalores indexados para la decisión del número de componentes seleccionados.

## Análisis de conglomerados

En la Figura 2 se observan las relaciones de agrupación entre los datos para la conformación de tres conglomerados definidos mediante la distancia Euclidia por el método Ward. Este método jerárquico conforma grupos donde la variabilidad dentro de grupos es la mínima y entre grupos es la máxima. El método fue propuesto por Ward (1963), quien señala que los conglomerados deben constituirse de tal manera que, al fundirse dos elementos, la pérdida de información resultante de la fusión sea mínima. Para el agrupamiento de las unidades de análisis un criterio frecuentemente utilizado es trazar la línea de referencia a una distancia igual al 50%

de la distancia máxima para establecer los grupos (Di Rienzo *et al.* 2008). Si se sigue tal criterio en este estudio se obtendrían cinco conglomerados; sin embargo, por razones prácticas se decidió hacer el corte a un 75% de la distancia máxima y trabajar con tres conglomerados.

El primer grupo (C1) corresponde a un conglomerado conformado por 17 potreros, que corresponde a los potreros con mayor tiempo de establecimiento. El segundo grupo (C2) consolida la menor cantidad de potreros y hay que resaltar que este conglomerado agrupa potreros con pasturas jóvenes. El tercer grupo (C3) agrupa el mayor número de potreros (25), los que a su vez tienen la mayor extensión promedio.



**FIGURA 2.** Dendrograma en función de los indicadores de degradación de potreros en la hacienda García Abajo, Cauca.

## Análisis de las características de los potreros

Hay una alta variabilidad del tamaño de potreros en la finca que van desde 0,36 ha hasta 3,46 con un promedio de  $1,13 \pm 0,62$  ha. Los potreros del conglomerado C3 son los más grandes con diferencias significativas respecto a C2 que son los de menor área. Generalmente en la ganaderías de bajura del trópico americano hay una alta variabilidad; así lo confirma el estudio de Esquivel *et al.* (2011) que encontró en Centroamérica tamaños de potreros entre  $0,1$  a  $39,5 \pm 0,33$ . Similar situación se confirma en ganaderías de doble propósito en la región del Sumapaz, donde se encontró un promedio de tamaño de potreros de  $2 \pm 3$  ha, con una alta dispersión de tamaños (Mora y Moreno, 2014) (Tabla 3).

### Cobertura arbórea

Generalmente, en estos potreros se tiene presencia de árboles, aunque en las ganaderías del Valle del Cauca, la presencia

del componente leñoso es mínima. En este estudio se encontró que las densidad de árboles en los tres grupos puede catalogarse como baja según los estándares reportados por otros autores (Pagiola *et al.* 2004; Ibrahim *et al.* 2006). En correspondencia, se encontró una baja cobertura de dosel en los tres conglomerados de potreros.

La cobertura arbórea es escasa a pesar de su valor económico y su importancia para la estructura y función de la pastura, lo cual es reconocido por diferentes autores (Serrano *et al.* 2014; Esquivel *et al.* 2011; Carvalho *et al.* 2000). No obstante, hay que advertir que la cobertura medida en este estudio corresponde a los árboles dispersos, por tanto la cobertura arbórea puede ser un poco mayor teniendo en cuenta las especies presentes en los cercos vivos. En la Tabla 4 se aprecia que el conglomerado uno (C1) presentó un mayor número de árboles por hectárea, que corresponde con el mayor porcentaje de cobertura de dosel. El C2 y C3 presen-

**TABLA 3.** Diferencia de medias mediante ANDEVA de los indicadores del estado de las pasturas en la hacienda García Abajo (Cauca).

Variables	Conglomerados		
	C1	C2	C3
Potreros (Nº)	17	8	25
Área de potreros (ha)	0,95 a,b	0,84 a	1,34 b
Arboles por hectárea (Nº)	3,05 b	0,37 a	0,59 a
Cobertura arbórea (%)	5,81 b	0,86 a	0,86 a
Leguminosas (%)	2,23 a,b	0,92 a	3,52 b
Arvenses (%)	10,76 b	2,49 a	14,04 b
Biomasa forrajera (kg/m <sup>2</sup> )	0,78 b	1,51 c	0,57 a
Especies de gramíneas (Nº)	1,41 b	1,00 a	1,00 a
Edad (años)	16,53 b	5,8 a	13,82 b

C1= conglomerado 1, C2= conglomerado 2, C3= conglomerado 3.

a, b, c: medias con la misma letra no difieren estadísticamente ( $P < 0,005$ ).

**TABLA 4.** Especies arbóreas y arbustivas encontradas en el área de muestreo.

Nombre común	Nombre científico	Familia	n°	%	DAP media (m)
Chiminango	<i>Pithecellobium dulce</i>	Mimosaceae	31	43,06	0,48±0,23
Samán	<i>Samanea saman</i>	Mimosaceae	16	22,53	1,07±0,40
Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>	Leguminosae	6	8,33	0,30±0,08
Mamoncillo	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Sapindaceae	4	5,56	0,41±0,06
Gmelina	<i>Gmelina arborea</i>	Verbenaceae	3	4,17	0,56±0,16
Tachuelo	<i>Zanthoxylum caribaeum</i>	Rutaceae	4	5,56	0,28±0,04
Otí	<i>Licania tomentosa</i>	Chrysobalanaceae	1	1,39	0,3±0,00
Tulipán	<i>Spathodea campanulata</i>	Bignoniaceae	2	2,78	0,73±0,35
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	Fabaceae	1	1,39	0,73±0,00
Orejero	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Leguminosae	2	2,78	1,14±0,08
Guanábano	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	1	1,39	0,19±0,00

DAP = Diámetro de altura al pecho.

tan la menor cantidad de árboles/ha, que representan coberturas cercanas al 1%.

La caracterización dasométrica del componente leñoso es importante para determinar su función en la pastura. El 5,63% de los individuos analizados presentó un DAP entre 10 y 20 cm; el 53,52%, entre 20 y 60 cm y más de 60 cm el 40,85%. Esta distribución sugiere una alta presencia de árboles viejos y una baja tasa de regeneración natural, en la medida que los individuos jóvenes (DAP > 10 cm) tienen poco peso en la totalidad del componente leñoso, ello posiblemente sea el resultado de algunas prácticas de manejo, como el control de arvenses, que vulnera los arbolitos jóvenes, la carga animal y la duración del pastoreo, que pueden limitar la regeneración natural y el desarrollo de las especies leñosas (Villacís 2003). Esta situación es característica en sistemas ganaderos tropicales de tierras bajas y coincide con lo reportado por Esquivel (2007) al mostrar una mayor concentración de árboles con DAP entre

20 y 60 cm y una baja proporción con DAP entre 10 y 20 cm.

Los usos múltiples de las especies leñosas constituyen una condición ideal de la presencia arbórea en las pasturas. El 80% de los árboles correspondían a especies forrajeras, el 8,57% frutales, mientras el 7,14% y 4,28% fueron especies ornamentales y maderables respectivamente. Al respecto, Esquivel (2007) reporta resultados contrastantes en su estudio, con un 50% de maderables, el 27% árboles de forraje y el 27% árboles frutales. La presencia de árboles en las pasturas, en densidades adecuadas, representa una condición ideal desde el punto de vista del bienestar animal y una fuente de bienes adicionales para el ganadero (Serrano *et al.* 2014).

### **Porcentaje de oclusión**

Con base en los porcentajes de oclusión calculados y la distribución arbórea, la mayoría de los doseles de sombra encontrados en hacienda García Abajo se pueden describir como heterogéneos y

densos según la clasificación propuesta por Muschler (2000).

*Pithecellobium dulce* y *Samanea saman* son las especies con mayor frecuencia en la hacienda, ambas con altos valores de oclusión (Tabla 5). El porcentaje de oclusión promedio encontrado para *Samanea saman* ( $74,18 \pm 10,32$ ) coincide con lo estudiado por Gamboa (2009) quien reporta mediciones en el mes de febrero cercanas al 74% en otra especie de samán. Por su parte, en el estudio de Serrano *et al.* (2014) se reportan una oclusión del 71% para *P. dulce*. Estos altos valores de oclusión de copas implican que se ejerce una alta interferencia al paso de la radiación incidente, insumo básico para el buen desarrollo del estrato herbáceo existente bajo el dosel (Serrano *et al.* 2014). Cabe aclarar que la medición se realizó durante el mes de enero, aunque este mes corresponde al periodo seco dentro de la distribución de las lluvias; la etapa de senescencia foliar no se había presentado aún. La presencia de

especies con bajo índice de oclusión tiene bajas frecuencias en la hacienda.

### Características productivas de las pasturas

La calidad y cantidad de la biomasa producida puede evaluarse mediante las variables 'composición botánica' –expresada por la presencia de leguminosas, número de especies de gramínea, presencia de arvenses– y la 'producción de forraje'.

### Composición botánica: leguminosas, arvenses y otras gramíneas

Se observó una elevada presencia de arvenses en los potreros C3, cuyos valores medios estadísticamente se comportan en forma similar con los potreros C1 y éstos con diferencias significativas respecto a C2.

Posiblemente, en C1 y C3, por ser potreros con mayor tiempo de establecimiento, ha tenido lugar un proceso de diversificación de la oferta de gramíneas

**TABLA 5.** Clasificación de las especies en los potreros muestreados según el porcentaje de oclusión de dosel.

Especies	Moderadamente cerrado 40-69%	Cerrado 70-100%
<i>Pithecellobium dulce</i>	$68,82 \pm 11,02$	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	$57,79 \pm 0,0$	
<i>Tamarindus indica</i>	$59,13 \pm 0,0$	
<i>Gmelina arborea</i>		$94,78 \pm 3,46$
<i>Annona muricata</i>		$86,26 \pm 0,0$
<i>Melicoccus bijugatus</i>		$81,53 \pm 0,0$
<i>Gliricidia sepium</i>		$79,9 \pm 5,17$
<i>Licania tomentosa</i>		$94,94 \pm 0,0$
<i>Samanea saman</i>		$74,18 \pm 10,32$
<i>Zanthoxylum caribaeum</i>		$83,31 \pm 3,46$
<i>Spathodea campanulata</i>		$91,91 \pm 4,82$

debidos a procesos de enriquecimiento natural de semillas o por dispersión causada por los animales. Aunque no hay muchos estudios que expliquen este proceso de diversificación de especies en las pasturas, algunos autores han encontrado que con el paso de los años, por efecto del viento, las lluvias y el movimiento de animales, se han ido repoblando con semillas de otras especies de gramíneas y de otras plantas, como ciperáceas, poáceas y fabáceas (Martínez-Orea *et al.* 2009). De un año a otro puede disminuir el porcentaje de cobertura de las especies sembradas y aumentar el de otras gramíneas y especies espontáneas, en algunos casos como respuesta a la presión de pastoreo o gradientes de fertilidad del suelo (Rodríguez *et al.* 1995), lo cual podría también explicar el cambio en la composición botánica. Sin embargo, esto no es una constante que implique baja productividad de la pastura; al respecto Sifuentes (2009) sostiene que no existe una relación estadísticamente significativa entre la edad de las pasturas y los niveles de degradación, pues se han reportado casos de pasturas de *B. decumbens*, con y sin asocio de leguminosas, que presentan buenas producciones después de 10 años de establecidas. En el presente estudio se identificaron potreros con más de 20 años de establecidos y producciones de forraje de 1 kg por m<sup>2</sup>, cantidad considerada aceptable en la zona.

Por otra parte, el enmalezamiento de la pastura posiblemente también se haya visto estimulado por malas prácticas de manejo, como la alta carga animal manejada en la hacienda y por períodos de recuperación muy cortos. De hecho, en los cinco años previos a este estudio en la hacienda se habían manejado cargas superiores a 3,5 UGG/ha, indicador que ha disminuyendo progresivamente hasta

establecerse una carga de 2,97 UGG/ha en el año 2010. Tal caída en la carga animal es este período puede ser un indicador de la degradación de las pasturas que han reducido su productividad.

Con estos antecedentes se deduce que el sobrepastoreo puede ser una causa del enmalezamiento, práctica que expone la superficie del suelo a la radicación solar y favorece la conocida habilidad de germinación de las semillas de las arvenses, que al no tener la competencia de los pastos, crecen y se multiplican rápidamente (Aguilar y Nieuwenhuyse 2009; Estrada 2002).

Varios estudios argumentan que el principal elemento que interviene en el aumento de arvenses es la carga animal; específicamente, el pasto estrella africana disminuye su capacidad de rebrote al ser sometido a una alta presión de pastoreo o a cortes sucesivos que facilita el ingreso de especies invasoras (Cook *et al.* 2005; Ruiz *et al.* 2006). En este sentido, González *et al.* (1996) utilizaron una carga igual a la manejada en la Hacienda García Abajo en pasturas de estrella asociadas y hallaron un 10% de arvenses, similar a lo reportado en el C1; igualmente, concluyen que con el aumento de la carga hubo una menor disponibilidad de biomasa y un mayor deterioro de la pastura que se manifestó en dominancia de los componentes menos deseables. A su vez, Ramírez (1992) en su estudio realizado en Florida (Valle del Cauca) reporta un 9% de arvenses en praderas de *Brachiaria decumbens* sometidas a pastoreos y descansos de 21 días con 1,5 UGG/ha. Aunque el nivel de arvenses es un poco más bajo al encontrado en este estudio ello podría estar asociado a la carga más baja.

Possiblemente la elevada presencia de arvenses en los potreros con menor cobertura arbórea se explique por la menor

interceptación de la radiación incidente por la sombra de los árboles, ya que las arvenses, en forma similar a las leguminosas, muestran poca tolerancia a la sombra según Dias-Filho (1999). Para algunas arvenses que no se reproducen en forma vegetativa, el ambiente de escasa luz puede afectar el potencial de infestación al prolongar la llegada de la época de floración.

En un estudio realizado por Ruiz *et al.* (1994) en un pastizal de *Cynodon nlemfuensis* con árboles de *Leucaena leucocephala*, no se detectó presencia de malezas en las áreas bajo sombra, mientras que a pleno sol este indicador alcanzó 26,4 % de la cobertura herbácea. Otros aspectos de manejo, como la fertilización de las praderas, son reportados como influyentes en la proporción de arvenses en los potreros (Urbano *et al.* 2005), pues una mayor disponibilidad de nitrógeno induce a una mayor cobertura del follaje de las gramíneas, limitando el crecimiento de las arvenses. Es posible que la causa de la presencia de arvenses sea el bajo aporte de nitrógeno (116 kg N/ha/año) que se realiza en el manejo de las praderas en esta hacienda.

Respecto a las *leguminosas*, puede decirse que tuvieron una baja presencia, lo cual –aunado al predominio de una sola especie de gramínea en los tres conglomerados– se consideran pasturas monofíticas. El grupo C3 es donde se presentó el porcentaje más alto de leguminosas con diferencias significativas respecto a C2, pero sin diferencias significativas con el C1. Aquí bien puede hacerse una discusión similar a la realizada con el desempeño de las arvenses, pues hay que tener en cuenta que las pasturas del C2 son de más reciente establecimiento respecto a C1 y C3, por lo cual la presencia de especies diferentes a la especie sembrada se ve influida por las razones antes argumentadas.

Por otra parte, la menor presencia de leguminosas en cultivares jóvenes posiblemente se deba a la alta competencia que tiene las especies espontáneas por la agresividad y alto vigor de las variedades de *Cynodon*. Su crecimiento por medio de estolones, a menudo leñosos, le permite distribuirse rápidamente al generar raíces profundas y culmos de hasta 1 m de largo que, al mismo tiempo, producen semillas que facilitan su dispersión (Mislevy 2002; Villalobos y Arce 2013).

Sin embargo, como empíricamente se pudo determinar que en los potreros de C1 la mayor presencia de arvenses se encontró en áreas de menor incidencia de la sombra de los árboles, vale la pena revisar algunos aportes de investigaciones que explican la presencia de leguminosas en función del dosel arbóreo.

La biomasa de las leguminosas responde negativamente a las zonas sombreadas (Gea-Izquierdo *et al.* 2009). Posiblemente la sombra de los árboles en C1 esté ejerciendo influencia negativa sobre el componente de fabáceas, pues es conocida la menor Radiación Fotosintéticamente Activa (RAFA) bajo el dosel de los árboles, lo cual afecta la producción primaria neta aérea del estrato herbáceo y la composición botánica (Gamboa 2009). Aunque tal afectación no es homogénea, ya que depende de la arquitectura de dosel, altura, porcentaje de oclusión y otros factores fenológicos del componente leñoso que pueden incidir en la interceptación de energía radiante incidente (Andrade 2007; Gamboa 2009).

Se ha reportado que especies como *Clitoria ternatea* alcanza valores de cubrimiento significativamente menores bajo la sombra de árboles de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) respecto a potreros a libre exposición (Pentón 2000). Por su

parte Gamboa (2009) encontró que en entornos de poca luz, algunas especies *Rynchosia minima*, *Desmodium procumbens*, *Calopogonium muconoides* y *Desmodium distortum*, no presentaron porcentajes de cobertura altos pero si fueron persistentes. En contraste, en las áreas a plena exposición solar las fabáceas como *C. pubescens* y *D. distortum* fueron parte importante de la composición florística (Ospina 2005).

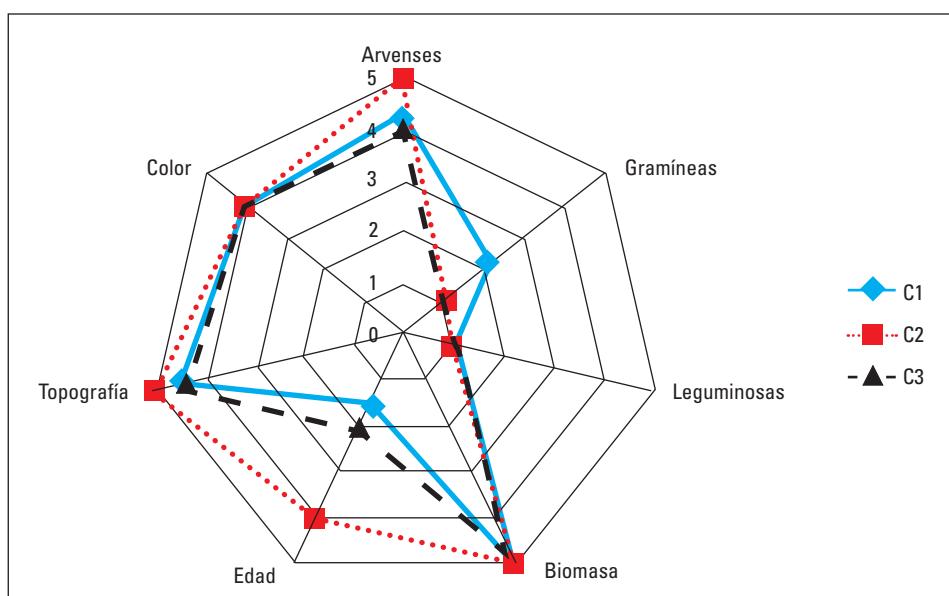
### Disponibilidad de forraje

Fue el conglomerado C2 el que presentó la más alta producción de biomasa, posiblemente por agrupar potreros de reciente establecimiento en donde la pastura presentaba un buen estado de cobertura, lo cual es coherente con el menor porcentaje de malezas encontrado en este grupo. Le sigue en su orden la producción de biomasa de los potreros C1, lo cual es interesante en virtud de ser éstos los que

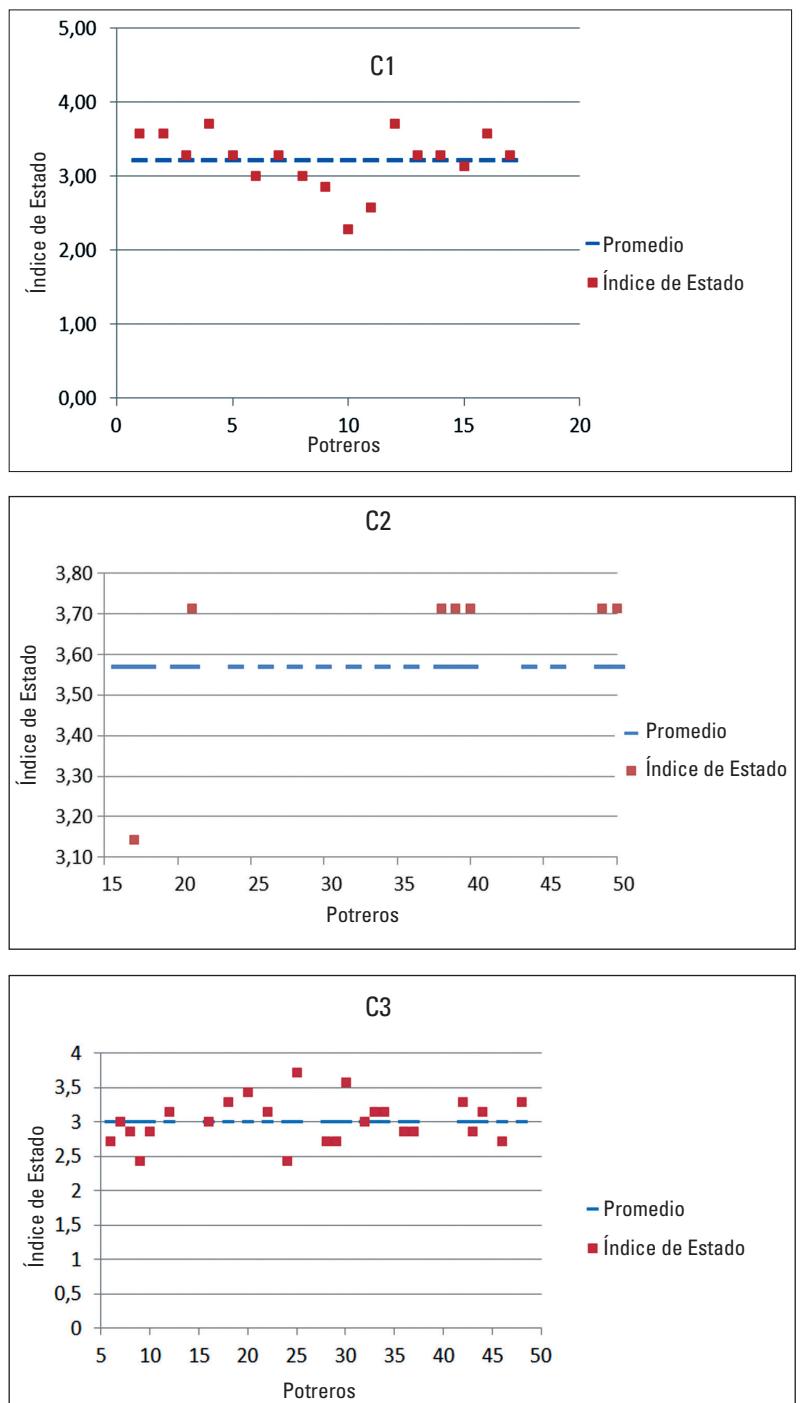
presentan una mayor cobertura arbórea. Posiblemente la producción de forraje en potreros con árboles se relaciona con el carácter tolerante a la sombra de la especie *Cynodon mlenfuensis* (Penton 2000).

### Análisis multicriterio

En la Figura 3 se representa el comportamiento de las variables analizadas para los tres conglomerados. En C1 el porcentaje de leguminosas y número de especies de gramínea toman los valores más bajos; en contraste, las variables arvenses, topografía y biomasa toman los valores más altos. A su vez, el biograma del conglomerado C2 (Figura 3), presenta un esquema similar al del conglomerado C1, pero las variables arvenses, topografía y biomasa toman los valores más altos de la escala, lo que se interpreta como un porcentaje de arvenses en niveles bajos, buena disponibilidad de biomasa y una pendiente del terreno muy



**FIGURA 3.** Biograma comparativo del estado de degradación de las pasturas en la Hacienda García Abajo, Valle del Cauca.



**FIGURA 4.** Estado de degradación de los potreros agrupados en los conglomerados C1(A), C2(B) y C3(C) en la Hacienda García Abajo, Valle del Cauca.

baja. Podría inferirse que en este conglomerado se tiene una menor predisposición a la degradación de las pasturas.

El conglomerado C3, respecto a los dos anteriores, muestra una mayor vulnerabilidad a la degradación si se observa que los indicadores de las diferentes variables son más bajos, lo que significa una baja calificación de las variables en la escala de evaluación.

El comportamiento de las variables en cada uno de los potreros del conglomerado C1 se representa en la Figura 4A a través de un índice de estado hallado a partir de la calificación dada en la escala de evaluación de 1 a 5 a cada una de éstas. Aquí se observa la ubicación de potreros por encima del promedio del grupo que se sitúa en 3,2. El mejor potrero, o con menor degradación, presenta un índice de estado superior a 3,71, mientras que el potrero más degradado se ubica en 2,28. Por su parte, el conglomerado C2 (Figura 4B) denota la mayoría de los potreros ubicados por encima del promedio del grupo de 3,57, siendo el índice de estado promedio más alto de los tres conglomerados, posiblemente por haberse agrupado en éste a los potreros de reciente establecimiento, característica que hacen la diferencia, teniendo en cuenta que el 75% de los potreros tienen en promedio 0,5 años de establecimiento. Esto hace que las gramíneas estén aún en un estado monofítico y con amplia capacidad invasiva, lo cual impide el crecimiento de otras especies de gramíneas y de arvenses, como se puede verificar en el biograma del C2, lo que explicaría las calificaciones altas en los criterios utilizados para la evaluación.

De los tres grupos de potreros estudiados, el C2 fue el conglomerado que presentó los mejores índices de estado; en este sentido, se interpreta éste como

el grupo de potreros que se encuentran menos degradados. En contraste, para el C3 el índice de estado es el más bajo (3,0) y es aquí en donde un 44% de los potreros están por debajo del índice promedio, sugiriendo una mayor degradación.

Teniendo en cuenta que el comportamiento de las variables en el conglomerado C2 se explica principalmente por ser pasturas de reciente establecimiento, el análisis más interesante surge entre los grupos C1 y C3. En este sentido, después del grupo C2, el que presenta menor degradación es el C1, que son pasturas que tienen fuertes interacciones con el componente leñoso por su mayor porcentaje de cobertura arbórea y mayor número de especies de gramíneas frente al C3, variables que se consideran como las más influyentes sobre los demás criterios.

## CONCLUSIONES

El grupo de potreros de menos años de establecimiento (C2) mostró las mejores calificaciones en la evaluación en el biograma, al menos en lo que respecta a biomasa, edad, topografía, color y presencia de arvenses, lo cual redunda en que sea el conglomerado con menor degradación.

Aunque la cobertura arbórea de la hacienda es baja, posiblemente haya una influencia positiva de los potreros más arbolados sobre la producción de biomasa y la menor incidencia de arvenses a pesar de no hallarse diferencias significativas.

El análisis de múltiples criterios para evaluar pasturas permite al tomador de decisiones realizar juicios con base en diferentes valoraciones, lo cual hace que sean más acertados el diagnóstico y la formulación de soluciones con base a referentes endógenos que permitirán ir mejorando progresivamente el manejo de la finca.

## REFERENCIAS

- Aguilar A, Nieuwenhuyse A. 2009. Manejo integral de malezas en pasturas. Manual técnico N°. 90. Managua: CATIE. 177 p.
- Andrade H. 2007. Growth and inter-specific interactions in young silvopastoral systems with native timber trees in the dry tropics of Costa Rica. Bangor: CATIE – Wales University. 250 p.
- Barcellos A. 1986. Recuperación de pastagens degradadas. Curso de Formação e Manejo de Pastagens (Série Treinamento). Planaltina (Goiás, Brasil): Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (Embrapa-CPAC). 38 p.
- Botero R. 2013. Renovación de pasturas degradadas en suelos ácidos de América Tropical. Engormix. [Internet]. [Citado 2014 febrero 15]. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/articulos/renovacion-pasturas-degradadas-suelos-t4630/p0.htm>
- Carvalho M; Xavier, D; Alvim, M. 2000. Uso de leguminosas arbóreas en la recuperación y sustentabilidad de pasturas cultivadas. Embrapra. [Internet]. [Citado 2014 febrero 18]. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/lead/x6342s/X6342s00.pdf>
- Cecchini S. 2005. Indicadores sociales en América Latina y el Caribe. Serie Estudios Estadísticos y Prospectivos No. 34. División de Estadísticas y Proyecciones Económicas. Santiago, CL: CEPAL. 94 p.
- Cook BG, Pengelly BC, Brown SD, Donnelly JL, Eagles DA, Franco MA, Hanson J, Mullen BF, Partridge IJ, Peters M, Schultze R. 2005. Tropical forages: an interactive selection tool. [CD-ROM]. CSIRO; DPI&F (Qld); CIAT and ILRI; Brisbane: Australia.
- Cuesta P. 2005. Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano. Revista CORPOICA. 6(2):5-13.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dias-Filho MB. 1999. Physiological responses of two tropical weeds to shade: I. Growth and biomass allocation. Pesquisa Agropecuaria Bras. 34(6):944-952.
- Esquivel MH, Ibrahim M, Harvey C, Benjamin T, Sinclair F. 2011. Dispersed trees in pasturelands of cattle farms in a tropical dry ecosystem. Trop and Subtrop Agroecosyst. 14:933-941.
- Esquivel MH. 2007. Tree resources in traditional silvopastoral systems and their impact on productivity and nutritive value of pastures in the dry tropics of Costa Rica. [PhD Thesis]. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Estrada J. 2002. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Manizales (Colombia): Editorial Universidad de Caldas. 506 p.
- Gamboa HA. 2009. Efecto de la sombra de Genízaro (*Albizia saman* Jacq.) y Coyote (*Platymiscium parviflorum* Benth.) sobre la productividad primaria neta aérea y la composición química de pastizales seminaturales en fincas ganaderas de Muy Muy, Nicaragua. [Tesis de Maestría]. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Gea-Izquierdo G.; Montero G. & Cañellas I. 2009. Changes in limiting resources determine spatio-temporal variability in tree–grass interactions. *Agroforestry Systems*. 76: 375-387.
- González MS, Van Heurck LM, Jiménez F, Pezo D, Argel P. 1996. Producción de leche en pasturas de Estrella Africana (*Cynodon nemfuensis*) sólo y asociado con *Arachis pintoy* y *Desmodium ovalifolium*. *Pasturas Trop.* 18(1): 2-12.
- Haydock KP, Shaw NH. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Aust. J. Exper. Agricult. Animal Husb.* 15(76):662-670.
- Holmann F, Argel P, Rivas L, White D, Estrada RD, Burgos C, Pérez E, Ramírez G, Medina A. 2004. ¿Vale la pena recuperar pasturas degradadas? Una evaluación desde la perspectiva de los productores y extensionistas en Honduras. Tegucigalpa (Honduras): CIAT-DICTA-ILRI. 34 p.
- Hoyos PH, García O, Torres MI. 1995. Manejo y utilización de pasturas en suelos ácidos de Colombia. Fascículo 4 de la Serie Capacitación en Tecnología de Producción de Pastos. Palmira, Valle del Cauca: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 120 p.
- Ibrahim M, Chacón M, Cuarta C, Naranjo J, Ponce G, Vega P, Casasola F, Rojas J. 2006. Almacenamiento de carbono en el suelo y la

- biomasa arbórea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforest. Amér.* 45:26-36.
- IDEAM. 2010. Estación Climatológica Ordinaria de Japio, Corinto. Código 2602503.
- León JA. 2006. Conocimiento local y razonamiento agroecológico para toma de decisiones en pasturas degradadas en El Petén, Guatemala. [Tesis de M.Sc.]. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 114 p.
- Martínez-Orea Y, Castillo S, Guadarrama P. 2009. La dispersión de frutos y semillas. *Rev. Ciencias UNAM.* 96:38-41.
- Mislevy P. 2002. Stargrass. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, Gainesville, EUA: University of Florida. 4 p.
- Mora-Delgado J, Moreno JA. 2014. Tipología de fincas ganaderas en las franjas altitudinales de la región del Sumapaz, Colombia. [Tesis en preparación]. Universidad del Tolima.
- Moura ZA, Mauro SE, Ferreira F. 2005. Possíveis causas da degradação de pastagens. *Revista Electrónica de Veterinaria.* 6(11):1-23.
- Muschler R. 2000. Árboles en cafetales. Serie de Módulos de Enseñanza. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 139 p.
- Ospina S. 2005. Rasgos funcionales de las plantas herbáceas y arbustivas y su relación con el régimen de pastoreo y la fertilidad edáfica en Muy Muy, Nicaragua. [Tesis Mag. Sc.] Turrialba, Costa Rica: CATIE. 88 p.
- Pagiola S, Agostini P, Gobbi J, de Hann G, Ibrahim M, Murgueitio E, Ramírez E, Rosales M, Ruiz M. 2004. Pago por servicios de conservación de la biodiversidad en paisajes agropecuarios. Washington D.C.: World Bank. 50 p.
- Pentón G. 2000. Efecto de la sombra de los árboles sobre el pastizal en un sistema seminatural. [Tesis de Maestría]. Estación Indio Hatuey, Cuba. 66 p.
- Quintero R, García A, Cortez A, Muñoz F, Torres J, Carbonell G, Osorio C. 2008. Grupos homogéneos de suelos del área dedicada al cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca (segunda aproximación). Serie Técnica N° 37. Cali (Valle): Cenicaña. 62 p.
- Ramírez LM. 1992. Evaluación de pasturas de *Brachiaria decumbens*, solas o asociadas con *Centrocema acutifolium* con ganado de doble propósito. *Acta Agron.* [Internet]. 118-124. [Citado 2014 febrero 10] Disponible en: [http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/viewFile/15510/16269](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/viewFile/15510/16269)
- Ravera F, Tarrasón D, Pastor PA, Grasa G. 2009. Proceso y métodos de evaluación integrada participativa de degradación en agroecosistemas semiáridos. Un caso de estudio en un área protegida en el trópico seco nicaragüense. *Rev. Iber. Econom. Ecol.* 13:79-99.
- Roche H, Vejo C. 2005. Análisis multicriterio en la toma de decisiones. Universidad de la República, Uruguay. [Internet]. [Citado 2014 febrero 15]. Disponible en: <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>
- Rodríguez M, Albizu I, Besga G, Domingo M, Amezaga I, Onaindia M. 1995. Evaluación de la potencialidad de los pastos comunales del macizo de Gorbea en Bizkaia. *Revista Pastos.* 25(2):233-254.
- Ruiz TE, Castillo E, Alonso J, Febles G. 2006. Factores del manejo para estabilizar la producción de biomasa con leguminosas en el trópico. *Avances en Investigación Agropecuaria.* 10(1):3-20.
- Ruiz TE, Febles G, Díaz A, Hernández L, Díaz H. 1994. *Leucaena leucocephala* como árbol de sombra en la ganadería. Memorias, Taller Internacional "Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera". Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Cuba. 5 p.
- Segnestam L, Winograd A, Farrow A. 2000. Developing indicators: Lessons learned from Central America. CIAT-BM-PNUMA. 55 p.
- Serrano JR, Andrade HJ, Mora-Delgado J. 2014. Caracterización de la cobertura arbórea en una pastura del trópico seco del valle cálido del Magdalena en el Tolima, Colombia. *Agronomía Mesoamericana* (en prensa).
- Sifuentes ME. (2009). Evaluación del diseño de pequeñas fincas agropecuarias y de la condición de las pasturas mejoradas en la zona sur de Costa Rica. [Tesis de Maestría]. Turrialba: Costa Rica: CATIE. 122 p.
- Spain JM, Gualdrón R. 1988. Degradación y rehabilitación de pasturas. En: *Establecimiento*

- y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité Asesor de la RIEPT. Veracruz, México: CIAT. pp. 269-283.
- Szott L, Ibrahim M, Beer J. 2000. The hamburger connection hangover: Cattle pasture, land degradation and alternative land use in Central America. San José: CATIE-DANIDA- GTZ. 71 p.
- Urbano D, Castro F, Dávila C. 2005. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización NPK sobre la composición botánica de la asociación kikuyu-maní forrajero en la zona alta del Estado Mérida. Rev. Zoot. Trop. 23(4):333-344.
- Villacís J. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frií, Costa Rica. [Tesis de M.Sc], CATIE. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 129 p.
- Villalobos L, Arce J. 2013. Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. I. Disponibilidad de biomasa y fenología. Agronomía Costarricense. 37(1): 91-101.
- Ward J. 1963 Hierarchical grouping to optimize an objective function. J. Amer. Statistical Ass. 58: 236-244.

**Article citation:**

Garzón EF, Mora J. 2014. Análisis multicriterio del estado de las pasturas de la hacienda ganadera García Abajo en Corinto (Cauca, Colombia) [Multi-criteria analysis of grasses of the farm livestock Garcia Abajo in Corinto (Cauca, Colombia)]. Rev Fac Med Vet Zoot. 61(1):64-82.