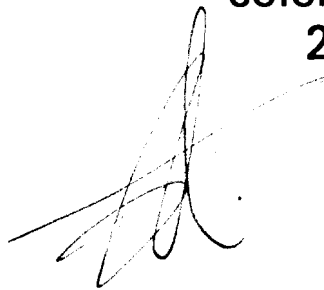


ISBN 84-89206-29-5
Noviembre 1983

Germoplasma Forrajero bajo Pastoreo en pequeñas parcelas

Metodologías de Evaluación

**Memorias de una Reunión de Trabajo
celebrada en Cali, Colombia
22-24 septiembre, 1982**



Editadas por
Osvaldo Paladines
Carlos Lascano

**Red Internacional de
Evaluación de Pastos Tropicales**

 **CIAT** Centro Internacional de Agricultura Tropical

Centro Internacional de Agricultura Tropical
Apartado 6713
Cali, Colombia

ISBN 84-89206-29-5
Noviembre 1983
Tirada: 1000 ejemplares
Impreso en Colombia

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas; metodologías de evaluación. Memorias de una reunión de trabajo celebrada en Cali, Colombia, sept. 22-24, 1982. Osvaldo Paladines y Carlos Lascano (eds.). Cali, Colombia. 186 p. ilus.

1. Plantas forrajeras — Germoplasma — Congresos, conferencias, etc. 2. Pastos — Germoplasma — Congresos, conferencias, etc. 3. Pastoreo — Congresos, conferencias, etc. 4. Parcelas — Congresos, conferencias, etc. 5. Potreros — Congresos, conferencias, etc. I Paladines, Osvaldo y Lascano, Carlos. II. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Contenido

	página
Notación, símbolos y abreviaturas	v
Participantes	viii
Prefacio	xiii
Ensamblaje de germoplasma en pasturas: problemática de experimentación <i>José M. Toledo</i>	1
Efecto del clima, el suelo, y el manejo del pastoreo en la producción y persistencia del germoplasma forrajero tropical <i>Raymond J. Jones</i>	11
La relación entre la estructura de las praderas y la utilización de plantas forrajeras tropicales <i>John Hodgson</i>	33
Factores edáficos y climáticos que intervienen en el consumo y selección de plantas forrajeras bajo pastoreo <i>Carlos Lascano</i>	49
Efecto del manejo del pastoreo en la utilización de la pradera tropical <i>Luis E. Tergas</i>	65
Dinámica de la descarga de la pastura y su arquitectura <i>Juan Gastó</i>	81
	iii

Evaluación por corte y por pastoreo en parcelas pequeñas: comparación de resultados <i>Andrew L. Gardner</i>	107
Selección de cultivares forrajeros partiendo de muchas entradas sometidas a pastoreo <i>Bert Grof</i>	121
Evaluación del germoplasma forrajero bajo pastoreo en etapas avanzadas de selección <i>Raymond J. Jones</i>	131
Evaluación del germoplasma forrajero bajo diferentes sistemas de manejo del pastoreo <i>Gerald O. Mott</i>	149
Recomendaciones para evaluar germoplasma bajo pastoreo en pequeños potreros <i>Oswaldo Paladines, Carlos Lascano</i>	165
Glosario	185

Notación, símbolos y abreviaturas

a. De instituciones

CAB	Commonwealth Agricultural Bureaux, England
CARDI	Caribbean Agricultural Research and Development Institute, Trinidad
CATIE	Centro Agrícola Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica
CENARGEN	Centro Nacional de Recursos Genéticos, Brasil
CENIP	Centro de Investigaciones Pecuarias, República Dominicana
CEPLAC	Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Brasil
CIID	Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Canadá (ver IDRC)
CNIA	Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, ICA, Colombia
CNPGL	Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, Brasil
CPAC	Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Brasil
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasilia, Brasil
EMPASC	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina, Brasil
FAO	Food and Agriculture Organization, United Nations
FONAIAP	Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Venezuela

GTZ	Organismo Alemán de Cooperación Internacional (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), Alemania Occidental
HFRO	Hill Farming Research Organization
IAPAR	Fundação Instituto Agropecuário de Paraná, Brasil
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario, Colombia
IDIAP	Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Panamá
IDRC	International Development Research Centre, Ottawa, Canada
IIZ	Instituto de Investigaciones Zootécnicas, FONAIAP, Venezuela
ILCA	International Livestock Center for Africa, Addis-Ababa, Etiopía
INIA	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Chile
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador
INIPA	Instituto Nacional de Investigaciones y Promoción Agraria, Perú
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina
IVITA	Instituto Veterinario de Investigación Tropical y de Altura, Perú
MG	Minas Gerais, Brasil
MIDINRA	Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria, Nicaragua
PA	Paraná, Brasil
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SC	Santa Catarina, Brasil
SP	São Paulo, Brasil
UEPAE	Unidade de Execução de Pesquisa de Ambito Estadual, Brasil
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México

b. En el texto

°C	grados centígrados o Celsius
cv.	cultivar
Div.	División
DIVMO	digestibilidad in vitro de la materia orgánica
E.E.A.	Estación Experimental Agrícola
Est. Exp.	Estación Experimental
EUA	Eficiencia de utilización del agua
ha	hectárea

IAF	índice de área foliar
mm	milímetro
MO	materia orgánica
MS	materia seca
msnm	metros sobre el nivel del mar
MSV	materia verde en base seca (= materia seca verde)
NB	número de bocados (por unidad de tiempo)
no.	número
ppm	partes por millón
PV	peso vivo
Rep., Reps.	repetición, (-es); en diseño experimental
t	tonelada métrica (1000 kg)
TB	tamaño del bocado (ingerido por el animal)
TP	tiempo de pastoreo
UA	unidad animal (400 kg de peso vivo)

c. Notación decimal

punto decimal: 0.51; 0.02; .45

unidades de mil: antes de diez mil, sin signo (ej: 8500)
después de 9999, con coma (ej: 14,650)

Participantes

ALEMANIA

Henry Soller
GTZ
Postfach 5180
6236 Eschborn 1
Télex 417405

ARGENTINA

Olegario Royo Pallares
Investigación en Forrajeras
INTA
E.E.A. de Mercedes
3470 Mercedes
Corrientes
Teléfono 392

AUSTRALIA

Raymond J. Jones
Officer in Charge
CSIRO Davies Laboratory
PMB, P.O. Aitkenvalle
Townsville, Queensland
Teléfono 79-4855
Télex 47181

BELGICA

Tillo J. Behaegue
Profesor, Grasslands & Breeding
University of Gent
Fac. of Agronomy - RUG
Coupure Links 653
B-9000 Gent
Teléfono 091/236961
Télex 12754 Rugent B.

BOLIVIA

Robert Paterson
Desarrollo de Pastos
Misión Británica en Agricultura Tropical
Casilla 359
Santa Cruz
Teléfono 4-6556
Télex 4222 BV

BRASIL

Paulo Bardauil Alcántara
Chefe de Seção de Agronomia
Instituto de Zootecnia
Rua Heitor Penteado, 56
Caixa Postal 60
Nova Odessa, SP
Teléfono (0194) 66-1411

Armando T. Primo
Investigador
EMBRAPA/CENARGEN
Av. W-5 Norte (Parque Rural)
Brasília, D.F.
Teléfono (061) 273-0100

Margarita de Carvalho
Pesquisadora
EMBRAPA/CNP Gado de Leite
36.155 Coronel Pacheco, MG
Teléfono 2128550

Andrew Gardner
Pasture Specialist
FAO-EMBRAPA
EMBRAPA
36.155 Coronel Pacheco, MG

Sergio Roberto Postiglioni
Pesquisador-Pastos e Forrageiras
Instituto Agronômico de Paraná, IAPAR
Caixa Postal 129
Ponta Grossa, PA
Teléfono 24-1920

José Márques Pereira
Pesquisador-Chefe de Divisão
CEPLAC
Km 22 Rodovia Elheus-Itabuna
Itabuna, BA
Teléfono (073) 211-2211

Carlos Magno Campo da Rocha
Pesquisador
EMBRAPA-CPAC
Caixa Postal 70.0023
73.300 Planaltina, D.F.
Teléfono (061) 5961845

Judson Ferreira Valentim
Investigador
EMBRAPA- UEPAE/Rio Branco
Rua Sergipe, 216-EMBRAPA
Caixa Postal 392
Rio Branco
Teléfono 224-3933

Airton R. Salerno
Coordenador de Programa Bovinos/Leite
EMPASC
Rodovia Antonio Heil Km 6
Caixa Postal 277
Itajai, SC
Teléfono (0473) 453072
Télex 0473443

Milton Andrade Botrel
Pesquisador
EMBRAPA-CNP Gado de Leite
Rua Espirito Santo 785-Apto. 402
36.100 Juiz de Fora
Teléfono 2128550

Odete M.A.A. Ghisi
Pesquisador em Zootecnia
Instituto de Zootecnia
Rua Heitor Penteado 56
C.P. 60
Nova Odessa, SP
Teléfono 0194-661410

Francisco Beni de Sousa
Pesquisador
EMBRAPA/CPAC
Caixa Postal 70.0023
73.300 Planaltina, D.F.
Teléfono 5961171

C. Patrick Moore
Sistemas de Producción de Ganado
CIAT-CPAC
Caixa Postal 70.0023
73.300 Planaltina, D.F.
Teléfono (061) 5961845

Derrick Thomas
Agronomía
CIAT-CPAC
Caixa Postal 70.0023
73.300 Planaltina, D.F.
Teléfono (061) 5961845

COLOMBIA

Pablo Antonio Cuesta
Programa de Pastos y Forrajes
ICA

Apartado aéreo 337
Florencia, Caquetá
Teléfonos 2631 y 2870

Raúl Pérez
Jefe Sección Pastos y Forrajes
ICA

Apartado aéreo 2011
Villavicencio
Teléfono 7019-6150

Jaime Lotero
Director Regional de Investigación
ICA
Apartado aéreo 51764
Medellín
Teléfono 720311

Héctor Hugo Li Pun
Representante Regional
del Programa de Producción Animal
CIID
Calle 72, no. 5-83
Bogotá, D.E.
Teléfono 256-8600
Télex 45366

CIAT
Apartado 6713
Cali
Teléfono 680111
Télex 05769 CIAT CO

Gustavo Nores
Director de Investigación
para Recursos de Tierras y
Cooperación Internacional, CIAT

José M. Toledo
Coordinador
Programa de Pastos Tropicales
CIAT

Carlos Lascano
Calidad de Pasturas y Nutrición
Programa de Pastos Tropicales
CIAT

Bert Grof
Agronomía, Pastos Tropicales
CIAT

Luis E. Tergas
Productividad y Manejo de Praderas
Programa de Pastos Tropicales
CIAT

Esteban Pizarro
Agronomía/Ensayos Regionales
Programa de Pastos Tropicales
CIAT

Mark Hutton
Mejoramiento de Leguminosas
Programa de Pastos Tropicales
CIAT

James Spain
Desarrollo de Pastos
Programa de Pastos Tropicales
CIAT

Raúl Vera
Sistemas de Producción de Ganado
Programa de Pastos Tropicales
CIAT

COSTA RICA

Rolain Borel
Agrostólogo
CATIE
Turrialba
Teléfono 566170
Télex 8005

CHILE

Hernán Acuña Pommiez
Investigador, Programa de Praderas
INIA
Casilla 426
Estación Experimental Quilamapu
Chillán
Teléfono 21179

Juan Gastó
Profesor
Facultad de Agronomía
Universidad Católica de Chile
Casilla 114-D
Santiago
Teléfono 519012-212

Oswaldo Paladines
Director Posgrado, Producción Animal
Universidad Católica de Chile
Ave. Vicuña Mackena 4860
Casilla 114-D
Santiago
Teléfono 519012, Anexo 213
Télex 40395 PUCVA CL

ECUADOR
Kleber Muñoz
Director, Estación Experimental Napo
INIAP
Eloy Alfaro y Av. Amazonas
Quito
Teléfono 230354

ESCOCIA
John Hodgson
Grazing Ecology
Hill Farming Research Organization
Bush State
Penicuik
Midlothian
EH 26 OP4 - Scotland
Teléfono 031- 445 3401

ETIOPIA
John Lazier
Pasture Development
ILCA
P.O. Box 5689
Addis Ababa
Teléfono 18-32-15
Télex 21207 ADDIS

MEXICO
Gualberto Rafael De Lucía
Experto en Pastos Tropicales
Proyecto FAO-PNUD/UNAM
FAO
Apartado Postal 282
Martínez de la Torre
Veracruz 93600
Teléfono 4-17-57

NICARAGUA
Constantino Avalos
Asistente Técnico de Investigación
MIDINRA
Km 12, Carretera Norte
Managua
Teléfono 31317

PANAMA
Belisario Castillo
Técnico en Pastos Tropicales
Banco Nacional de Panamá
Apartado 5220
Panamá 5
Teléfono 26-5636

Carlos Ortega
Investigador-Coordinador,
Programa IDIAP/CIAT/CIID
Instituto de Investigaciones Agropecuarias
de Panamá
Gualaca, Chiriquí

PERU
Keneth Reátegui
Experto en Pastos y Forrajes
INIPA
E.E.A. "El Porvenir"
Apartado aéreo 9
Tarapoto
Teléfono 2291

Washington López
Supervisor de Investigación
INIPA (Ministerio Agricultura)
Jirón Lima 940
Tarapoto
Teléfono 2291

César Reyes
Coordinador Pastos Tropicales
IVITA
Apartado 245
Pucallpa
Teléfono 6400

REPUBLICA DOMINICANA
Yokasta Soto
Director Programa de Forrajes
CENIP
Apartado 227-9
Santo Domingo
Teléfono 532-4426

TRINIDAD
Denny Seecharan
Agricultural Officer
Ministry of Agriculture
Central Experiment Station
Centeno, via Arima P.O.
Teléfono 664-4336

Paschal Osuji
Animal Nutrition
CARDI
University of the West Indies, Trinidad
Teléfono 809-662-5511

ESTADOS UNIDOS
Gerald O. Mott
Professor of Agronomy
University of Florida
2202 NW, 23rd Terrace
Gainesville, FL 32605
Teléfono (904) 3780973

VENEZUELA
Eduardo Chacón
Coordinador Posgrado
Producción Animal
Facultad de Veterinaria
Universidad Central de Venezuela
Maracay, Edo. Aragua
Teléfono 043-39545

Mario Urdaneta
Profesor de Manejo I, II
Pastos, Div. Posgrado
Universidad del Zulia
Facultad de Agronomía
Maracaibo
Teléfono 423366

Santiago Rodríguez
Coordinador Nacional, Pastizal
FONAIAP-IIZ
Apartado 4653
Maracay, Edo. Aragua
Teléfono 24212-29766 (043)

Prefacio

Una de las limitaciones para el desarrollo de pasturas productivas y persistentes en suelos ácidos e infértiles de América tropical ha sido la escasez de alternativas de germoplasma forrajero—particularmente leguminosas—para las condiciones de esa área. El Programa de Pastos Tropicales del CIAT, por medio de colecciones y de intercambio, ha acumulado en un banco de germoplasma más de 9000 accesiones de gramíneas y leguminosas que son, sin duda, una importante base genética para el desarrollo de nuevas posibilidades de pasturas capaces de causar un impacto en la producción animal del continente suramericano, especialmente en sus áreas marginales.

Un alto número de gramíneas y leguminosas, de gran variedad genética, se está evaluando en diferentes localidades dentro de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). Estas evaluaciones son adelantadas por los programas nacionales, con el apoyo del Programa de Pastos Tropicales del CIAT. Dentro de la secuencia establecida en la Red Internacional, se evalúa, en primera instancia, el grado de adaptación y productividad potencial del germoplasma en ensayos agronómicos (Ensayos Regionales A y B), localizados en diferentes ecosistemas y subecosistemas.

Desde su formación, la RIEPT consideró conveniente que el germoplasma seleccionado en las pruebas agronómicas se ensamblara en pasturas—preferiblemente asociaciones de gramíneas con leguminosas—y fuera luego sometido a diferentes niveles de pastoreo, con miras a evaluar o determinar los efectos del

pisoteo y la defoliación causados por el animal, el manejo del pastoreo apropiado, y finalmente, el potencial de producción animal del germoplasma ensamblado en pasturas (Ensayos Regionales C y D).

*Con el propósito de definir metodologías para evaluar el germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas (Ensayos Regionales C) se organizó en el CIAT, y con el patrocinio del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), una reunión de trabajo con la participación de 53 especialistas, representantes de 20 países. Este libro, tercero de la serie iniciada con el **Manual para la colección, preservación y caracterización de recursos forrajeros tropicales**, y continuada con el **Manual para la evaluación agronómica de la RIEPT**, reúne los trabajos presentados en la reunión e incluye, como resultado de las discusiones surgidas entre los participantes, las recomendaciones metodológicas para los Ensayos C.*

Esta publicación pretende unificar tanto el lenguaje como los conceptos relacionados con las interacciones entre el suelo, la planta, y el animal en pastoreo; además, intenta—en alguna medida—servir como guía para el montaje de ensayos dirigidos a seleccionar germoplasma persistente bajo diferentes alternativas de manejo del pastoreo.

Gustavo A. Nores
Director de Investigación para Recursos de Tierras
y Cooperación Internacional, CIAT

Ensamblaje de germoplasma en pasturas: problemática de experimentación

José M. Toledo*

Introducción

Con esta presentación se trata de fijar un marco de referencia, dentro del ámbito de América tropical, para las discusiones que se realizarán durante esta reunión de trabajo. Se consideran, en primer lugar, los objetivos y proyecciones de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), una de cuyas actividades es la realización de esta reunión. Igualmente, se plantean y discuten los problemas que se deben enfrentar en el proceso experimental de ensamblaje de germoplasma en pasturas.

En 1978 surgió, como una iniciativa del Programa de Pastos Tropicales del CIAT, la idea de formar la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, en cooperación con instituciones nacionales de investigación—activas en la investigación en pasturas—para el área de la frontera agrícola de América tropical. Su objetivo central se definió en 1979: “Contribuir a la búsqueda de nuevas alternativas de germoplasma de pasturas para los diferentes ecosistemas de producción prevalentes en los suelos ácidos y pobres de la vasta frontera agrícola del continente”.

Otros objetivos más específicos de la RIEPT siguen siendo los siguientes: “El uso de recursos genéticos acumulados tanto por instituciones internacionales como CIAT e instituciones nacionales como CENARGEN/EMBRAPA.”

* Agrónomo. Coordinador, Programa de Pastos Tropicales, CIAT, Cali, Colombia.

“El desarrollar bases de extrapolación sobre el conocimiento de los rangos de adaptabilidad de germoplasma a través de los ecosistemas y subecosistemas”. “Desarrollar y promover la capacidad científica a fin de realizar una eficiente experimentación, que en forma dinámica y secuencial ponga el germoplasma promisorio en pasturas y éstas en los sistemas de producción”.

Cumpliendo con estos objetivos, la RIEPT cuenta, a la fecha, con 12 ensayos regionales A (ERA) representativos de ecosistemas mayores (sabanas bien drenadas, isohipertérmicas e isotérmicas; sabanas mal drenadas; y bosques tropicales, lluvioso y semisiempreverde estacional), y adelanta, aproximadamente, 30 ensayos regionales B (ERB) en lugares representativos de los subecosistemas contenidos en estos cinco ecosistemas mayores. En los ERA se hace una primera evaluación del potencial de adaptación del germoplasma bajo las condiciones de un ecosistema mayor; básicamente, se evalúa la supervivencia potencial del germoplasma. Los materiales que sobreviven y muestran, además, un mayor grado de productividad, se exponen a condiciones de subecosistemas en los ERB, donde las evaluaciones se realizan al corte para medir la productividad estacional (bajo máxima y mínima precipitación); se obtiene así una medida que integra adaptabilidad y potencial de productividad. Hasta este momento, las evaluaciones se hacen en monocultivos y sólo pretenden valorar la adaptabilidad del germoplasma a las diferentes condiciones de los ecosistemas. Al utilizar metodologías uniformes de evaluación (Toledo y Schultze-Kraft, 1982) ha sido posible hacer análisis en diferentes localidades (Amézquita, 1982), para cumplir con el objetivo de crear bases de extrapolación dado el conocimiento del comportamiento primario de adaptación del germoplasma.

Es evidente, sin embargo, que la experimentación agronómica (ERA y ERB) realizada hasta ahora no ha sido, en modo alguno, suficiente para cumplir con el objetivo final de incorporar estas nuevas opciones de germoplasma en pasturas, dentro de los sistemas de producción animal de la frontera agrícola del continente. La RIEPT propone adelantar, entonces, ensayos regionales bajo pastoreo en dos fases: en la primera, conocida como Ensayos Regionales C (ERC), se pretende ensamblar el germoplasma en pasturas para estudiar, en pequeñas parcelas, su potencial bajo pastoreo en términos de productividad (materia seca, capacidad de carga) y de persistencia (dinámica de la composición botánica, cambios en la arquitectura y en el estado de las reservas de la pastura) con una o varias alternativas de manejo. En la segunda fase, las mejores pasturas en términos de *productividad, persistencia y facilidad de manejo*, serán comparadas con las mejores pasturas de uso tradicional, mediante los Ensayos Regionales D (ERD). En éstos se medirá la productividad de la pastura como producto animal (carne, leche, terneros) *dentro del contexto del sistema de producción predominante en cada región*.

En esta reunión se tratará el tema y la problemática de las evaluaciones iniciales bajo pastoreo en pequeñas parcelas (ensayos ERC), campo que ofrece amplias posibilidades de debate así como grandes complicaciones en su conceptualización, enfoque, y dirección, que de seguro no serán fáciles de condensar y dilucidar. Sin embargo, confiando en la notable capacidad profesional y en la experiencia de los participantes en esta reunión, se afirma el convencimiento de que ésta esclarecerá los problemas que

se susciten en las deliberaciones orientadas a la presentación de alternativas metodológicas para este nivel de selección y evaluación de pasturas.

El ecosistema y el germoplasma, determinantes del tipo de pastura que debe ensamblarse

Con el fin de trazar un marco de referencia para la discusión en esta reunión, se analizarán, en primer lugar, las relaciones germoplasma:ecosistema (suelo, clima, factores bióticos); y al mismo tiempo, se visualizarán las relaciones entre las pasturas y los sistemas de producción (ordenados desde el muy intensivo al muy extensivo).

La Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales viene trabajando en las tierras bajas de América tropical que incluyen América Central, El Caribe, y América del Sur. En esta vasta región, T.T. Cochrane (1982) identificó cinco ecosistemas mayores:

- 1) Sabanas Bien Drenadas Isohipertérmicas (llanos colombianos, llanos venezolanos, sabanas al norte de Brasil)
- 2) Sabanas Bien Drenadas Isotérmicas (predominantemente, cerrados brasileños)
- 3) Sabanas Mal Drenadas (Casanare en Colombia, Apure en Venezuela, El Beni en Bolivia, Bõa Vista y Pantanal de Corumba en Brasil)
- 4) Bosque Tropical Lluvioso (noroeste de la Amazonia continental: Amazonia colombiana, Amazonia ecuatoriana, y partes de la Amazonia de Perú y Brasil)
- 5) Bosque Tropical Semi-siempre Verde Estacional (resto de Amazonia, zona de Tabuleiro en Bahía).

Cada uno de estos ecosistemas mayores presenta gran diversidad de condiciones de fertilidad y drenaje de los suelos, lo mismo que diferencias climáticas y bióticas, las cuales deben reconocerse en toda su magnitud cuando se habla de adaptación del germoplasma; justamente esto hacen los ensayos ERA y ERB de la Red Internacional al evaluar adaptación potencial, estudiando el comportamiento del germoplasma en múltiples localidades.

Se espera que el germoplasma tenga rangos diferentes de adaptabilidad. Consecuentemente, no sería correcto pensar en recomendaciones globales de germoplasma para todo un ecosistema, tomando como base el comportamiento de aquél en una sola localidad. En igual forma, sería utópico pensar que existe un material capaz de adaptarse a todas las condiciones de ecosistemas y subecosistemas de América tropical. Se llama la atención así sobre una muy clara realidad: no se debe esperar que en todos los puntos de la RIEPT se experimente el pastoreo con el mismo germoplasma. Es más, no se debe suponer que todo el germoplasma sea siquiera similar en cuanto a su potencial de productividad y a sus requerimientos de manejo.

Si a las diferencias que presenta el germoplasma, debidas a su grado de adaptación a los ecosistemas, adicionamos las diferencias de aptitud de ese germoplasma frente a los diversos sistemas de producción y a las alternativas de utilización, se estará hablando en realidad, a nivel de la Red, de una amplia gama de materiales para evaluar

y ensamblar pasturas. Se necesitan pues, técnicas alternativas de investigación que permitan ensamblar pasturas relevantes a diferentes sistemas de producción.

Cuando se precisa tomar decisiones sobre el germoplasma que debe ensamblarse en pasturas—en respuesta a la pregunta: ¿qué germoplasma encaja en determinado sistema de pastura?—no contamos muchas veces con suficiente información sobre la caracterización agronómica (tasas de crecimiento, compatibilidad potencial, requerimientos nutricionales, calidad nutritiva) de ese germoplasma; se suele entonces decidir intuitivamente, elevando así el riesgo de cometer errores que se manifestarán sólo en etapas más avanzadas de evaluación, pagando por ello con tiempo, esfuerzo y dinero. Con esto, se llama la atención sobre la necesidad de una adecuada caracterización agronómica, como parte de la investigación esencial, para definir los pasos que deben darse en el ensamblaje de pasturas empleando nuevo germoplasma. No debe esperarse que toda gramínea o leguminosa sobreviva y produzca, bajo el manejo que concebimos, según un estereotipo particular de pastura.

Secuencia germoplasma-pastura-sistema de producción

En la investigación para el ensamblaje del germoplasma en pasturas, lo mismo que en las evaluaciones de pasturas en términos de producto animal, se debe tener en cuenta la relación que existe entre las técnicas de manejo empleadas en la evaluación y el método de utilización de las pasturas que se aplicará en el sistema de producción animal.

En la Figura 1 se esquematizan diferentes alternativas secuenciales para movilizar el germoplasma a las pasturas y éstas al sistema de producción. Partiendo del germoplasma “adaptado”, proveniente de los ensayos regionales A y B, aparecen dos campos de investigación—el de pasturas, y el de sistemas de producción animal—considerándose diferentes niveles de intensidad en el uso de las pasturas y los recursos del sistema integral de producción. A manera de ejemplo, atraviesan estos dos campos cuatro flechas que señalan caminos alternativos en el proceso de investigación en que se ensambla el germoplasma en pasturas, se evalúa la productividad de éstas y, finalmente, se acomoda la pastura dentro del sistema de producción animal.

Las evaluaciones agronómicas realizadas en los ERA y ERB nos proporcionan germoplasma “adaptado” al ecosistema (Figura 1, arriba); sin embargo no se conoce aún su adaptación a los posibles sistemas de manejo. Es preciso evaluar bajo pastoreo estos materiales “adaptados” antes de ofrecer las mejores pasturas a un sistema determinado de producción animal.

Hay un amplio rango de alternativas de utilización de las pasturas (Figura 1), desde el sistema de corte y acarreo hasta el sistema de pastoreo continuo, pasando por sistemas de pastoreo diferido, de pastoreo alterno, de pastoreo rotacional con pocos potreros, de pastoreo rotacional muy intensivo diario, y otros.

Finalmente, el sistema de producción animal ofrece también un amplio espectro de alternativas (Figura 1, abajo) que va desde sistemas muy intensivos (lechería, engorde, estabulación) hasta los sistemas de utilización extremadamente extensivos como el uso del recurso forrajero para la producción de terneros en áreas lejanas de frontera.

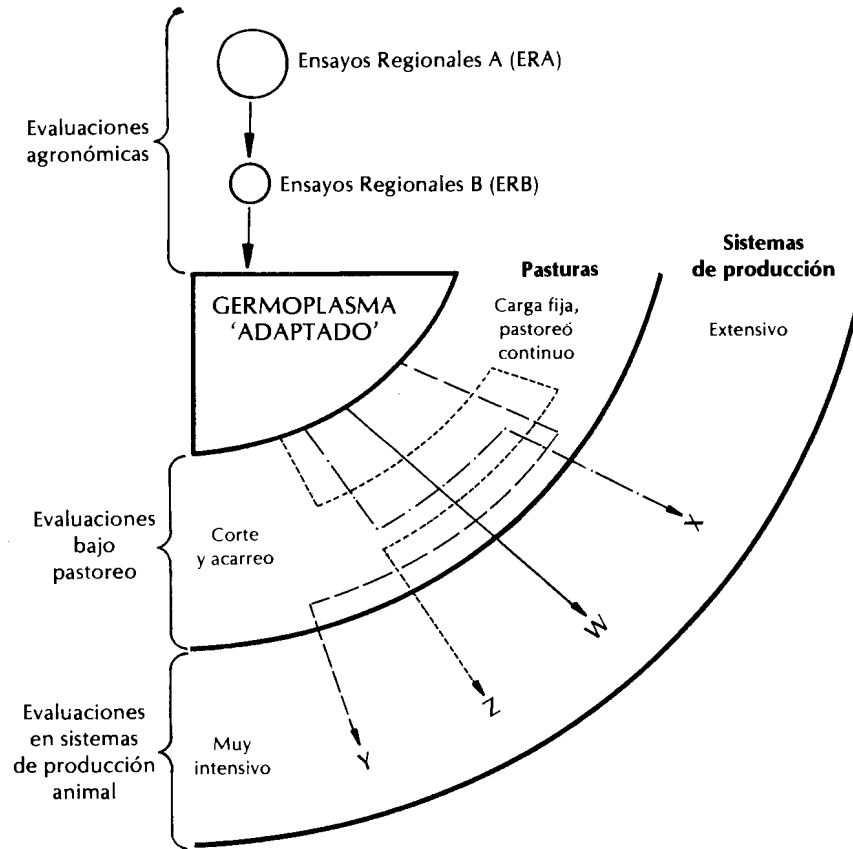


Figura 1. Esquema de las actividades secuenciales y las alternativas de investigación empleadas para ensamblar pasturas, partiendo del germoplasma "adaptado" hasta llegar al sistema de producción.

Las variadas posibilidades de manejo y uso de pasturas dependen de factores socioeconómicos como la densidad de la población humana, el precio de la tierra, el precio de los productos agroquímicos, y los subsidios gubernamentales, entre otros; son también importantes los factores del ecosistema, como la precipitación durante el año, la duración de la estación de crecimiento, la cantidad de radiación solar y la riqueza del suelo; finalmente, es el hombre (tradicción, educación), dueño o capataz, quien conjuga su conocimiento con los recursos naturales para producir un manejo específico.

En la Figura 1, la línea W, partiendo del germoplasma "adaptado", atraviesa el campo de la investigación en pasturas en línea recta y entra en el campo de los sistemas de producción animal, con un alto grado de eficiencia; se genera así información de gran consistencia entre los requerimientos de las pasturas y su productividad, por una parte, y las necesidades del sistema de producción, por la otra. No hay duda de que éste sería el camino más lógico para hacer la investigación secuencial de evaluación y

utilización del germoplasma en las pasturas, porque permite la aplicación directa de los resultados a los sistemas de producción animal. Sin embargo, no es esta la vía más frecuente, porque para elegirla se requiere de una clara visión inicial tanto del manejo que se dará a la pastura como de su uso esperado en el sistema de producción actual o futuro. Por otro lado, sería necesario ajustar las técnicas de evaluación en forma tal que, lógica y directamente, generen la información más relevante con la cual construir, de etapa en etapa de evaluación, un paquete tecnológico certero.

En la investigación en pasturas se toman, muchas veces, caminos divergentes de la línea recta W. Como ejemplo, la Figura 1 muestra tres opciones más. En la línea X, se hace investigación en pasturas en forma intensiva (al corte, con rotación) y se pretende, finalmente, aprovechar estos resultados de la investigación en sistemas de producción animal en que se usa el recurso forrajero con mediana o mínima intensidad. Este caso, si bien es irregular, podría ser conceptualmente aceptable si se trata de causar impacto en un sistema de producción extensivo o de mediana intensidad con pasturas utilizables en forma estratégica, o si se trata de intensificar integralmente el uso de pasturas y el sistema de producción.

La línea Y representa una pastura evaluada dentro del concepto de manejos extensivos, que será utilizada, finalmente, con mediana o alta intensidad dentro del sistema de producción. En este caso se comete, sin duda, un error grave, forzando al investigador en sistemas de producción a hacer grandes ajustes intuitivos y, probablemente, a errar en sus apreciaciones a la hora de poner en práctica—dentro del sistema de producción animal—una pastura con información ajena a su utilización final. El resultado puede ser pasturas sin respuesta a un mejor manejo, o con respuesta a éste pero perdiendo tal vez en el proceso de investigación las mejores opciones del ajuste *pasturas/manejo*.

La línea Z describe una situación frecuente en el proceso de investigación en pasturas. El germoplasma es, en primera instancia, seleccionado y ensamblado en pasturas adoptando manejos de utilización intensiva (en corte, o en pastoreos rápidos e intensos: “mob grazing”) y luego la productividad de la pastura se evalúa en sistemas más extensivos (carga fija, pastoreo continuo). En este caso, se salta de una técnica intensiva en las evaluaciones iniciales sobre ensamblaje de las pasturas, a evaluaciones de la producción animal en forma extensiva, sin producir información consistente entre las etapas ni relevante para la utilización final de la pastura. Posteriormente, esta pastura se entrega a los investigadores de sistemas de producción con una información generalmente confusa, contradictoria, y poco aplicable—respecto al uso final de la pastura—a un nivel de intensidad de utilización diferente al empleado en cualesquiera de las evaluaciones previas. Además de la grave inconsistencia que demuestra el enfoque de investigación representado por la línea Z, adolece del grave defecto de dejar en la ruta de la investigación profundos vacíos de información que el investigador de la etapa siguiente llena en forma intuitiva. Se eleva así la probabilidad del error que consiste en recomendar pasturas experimentalmente “buenas” pero que bajo las condiciones del sistema de producción animal en que se emplearán, manifiestan baja productividad, baja persistencia y, lo que es peor y frecuente, mínimo o nulo grado de adaptación.

El número de entradas de germoplasma y el tipo de experimentación en pequeñas parcelas bajo pastoreo

Otro de los temas importantes de discusión sobre la experimentación en pequeñas parcelas bajo pastoreo es el número de entradas de germoplasma que se consideren según los objetivos planteados para estas pruebas o experimentos:

A) **Selección de germoplasma.** Si el objetivo es evaluar y seleccionar el germoplasma por su adaptación a ciertas condiciones ambientales bajo presión de pastoreo, se necesitará, lógicamente, incluir un alto número de entradas de germoplasma siguiendo la tendencia normal de someterlas al pastoreo común de diferentes géneros, especies y ecotipos. El mayor problema en la interpretación de estas pruebas está en separar los siguientes efectos:

- preferencia de los animales;
- diferente productividad de materia seca, que resulta en diferente disponibilidad de forraje de cada entrada;
- hábito de consumo previo de los animales;
- intensidad efectiva de pastoreo, diferente para cada entrada.

Con frecuencia, se aplica un pastoreo de alta carga animal en corto tiempo con la intención de aminorar esos problemas; bajo este tipo de pastoreo, el efecto del animal resulta muy similar al corte y sin relación importante con cualquier sistema de utilización. Frecuentemente, estos experimentos arrojan resultados difíciles de interpretar y que dejan duda sobre el cumplimiento del objetivo propuesto.

B) **Ensamble de pasturas “adaptadas”.** Este objetivo contempla la posibilidad de evaluar un número intermedio de entradas de germoplasma, y se considera, en la RIEPT, el más compatible con el nivel ERC en que se evalúan, por primera vez bajo pastoreo, materiales “adaptados” resultantes de las pruebas regionales agronómicas (ERA y ERB). En este tipo de experimentación se aceptan de 4 a 10 entradas de leguminosas en asociaciones con una gramínea compatible y con uno o más manejos del pastoreo; se espera que los resultados determinen tanto la productividad y persistencia, bajo pastoreo, de las asociaciones, como su manejo potencial.

C) **Posibilidades de manejo.** Las técnicas de investigación en pequeñas parcelas bajo pastoreo pueden utilizarse también para explorar un número mayor de opciones de manejo de un número reducido de pasturas. En estas pruebas se incluirían de una a tres pasturas sometidas a una o más variantes de manejo del pastoreo, que podrían ser las presiones o cargas, los sistemas de pastoreo (en rotación, alterno, continuo), los niveles de fertilización, y los patrones de siembra. Se busca también determinar la mejor técnica de manejo para optimizar la productividad y persistencia de la pastura, generando así información muy importante para las siguientes pruebas de pastoreo en mayor escala, cuyo fin es evaluar la producción animal en un sistema determinado. La RIEPT considera este tipo de prueba como una alternativa de los ensayos ERC, especialmente cuando las selecciones de los ensayos agronómicos son pocas.

La Figura 2 ilustra el número de accesiones y su relación con los diferentes objetivos de la experimentación. Se puede, pues, hacer una separación bastante clara entre los

tipos de experimentación que permita, según los objetivos, definir alternativas con diferente número de entradas. El área encerrada por líneas punteadas, que contiene alrededor de diez entradas de germoplasma, separa dos problemas diferentes de experimentación: uno correspondiente al germoplasma y el otro a las pasturas.

Teniendo en cuenta esta distinción, se deben tratar de visualizar, en esta reunión, los problemas de orden experimental que suscitan las siguientes preguntas de interés:

- 1) Cuando se experimenta con un alto número de entradas,
 - a) Se debe utilizar pastoreo común?
 - b) Es éste el único método disponible para hacer las pruebas?
 - c) Cómo agrupar las entradas de germoplasma?
 - d) Bajo qué manejo o manejos de pastoreo?
 - e) Qué mediciones vamos a tomar y con qué frecuencia?
 - f) Qué tamaño de parcela debe usarse?
 - g) Qué ventajas aporta la evaluación de este material bajo pastoreo frente a su evaluación por corte?
 - h) Qué clase de información previa debe reunirse antes de evaluar estos materiales bajo pastoreo?

- 2) Si las pruebas incluyen un número intermedio de entradas o pasturas, las preguntas serían:
 - a) Es el pastoreo individual por pastura el camino más eficiente y el mejor?
 - b) Cómo agrupar las entradas?
 - c) Qué tamaño de parcela debe emplearse?
 - d) Qué manejos del pastoreo se elegirán en el diseño del experimento?
 - e) Qué mediciones deberán hacerse y con qué frecuencia?

Objetivos	NUMERO DE ENTRADAS O ACCESIONES									
	1	2	3	4	8	16	32	64	128	→
1. Selección de germoplasma										←
2. Ensamble de pasturas					↔					
3. Ajuste del manejo	←									
	Pasturas					Germoplasma				
EXPERIMENTACION										

Figura 2. Experimentación en germoplasma o pasturas según los objetivos y el número de accesiones.

3) Cuando las alternativas de germoplasma para ensamblar son reducidas, se habla ya, sin duda, de investigación en pasturas y se necesita mayor información previa; por consiguiente, las preguntas serán:

- a) Qué caracterización previa del germoplasma se necesita para llegar a este nivel de evaluación?
- b) Qué investigación paralela será necesaria para poder interpretar los posibles efectos confundidos que con seguridad aparecerán en estas primeras pruebas bajo pastoreo?

Especificidad por localidad frente a información generalizable

Otro tema importante, que debe discutirse en esta reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, es el número de ensayos, su representatividad, y la posibilidad de extrapolar la información obtenida en este nivel de Ensayos Regionales C (ERC).

Debe tenerse en cuenta que parece descartada la necesidad de una metodología uniforme de evaluación inicial bajo pastoreo, con miras a comparar resultados sobre localidades. Esta decisión obedece a la gran dificultad de aplicar metodologías uniformes en pasturas con diferente germoplasma, en ecosistemas también diferentes, y con diversos destinos en el sistema de producción animal. En las pruebas con animales (ERC y ERD) se eligen diferentes pasturas y requerimientos de manejo en cada localidad según sea la coincidencia del germoplasma, de las condiciones ambientales, y de los sistemas de producción. Las discusiones de esta reunión deberán, pues, definir más que “la técnica” para este tipo de ensayos, las “técnicas alternas” experimentales para el ensamblaje de germoplasma en pasturas.

Otro punto importante que se deberá discutir en esta reunión es la conveniencia de adelantar los ensayos de ensamblaje de germoplasma en pasturas (ERC), en un alto número de localidades o sólo en algunas pocas localidades seleccionadas. Esta decisión dependerá del objetivo trazado para estas primeras pruebas bajo pastoreo, como se indicó antes. Si el objetivo es la selección del germoplasma bajo pastoreo, este tipo de evaluaciones debe hacerse en un alto número de localidades. Por otro lado, si el objetivo de estas pruebas es el ensamblaje del germoplasma promisorio en pasturas bajo diferentes manejos, será necesario adelantarlas en un número menor de localidades que sean representativas de ecosistemas y de sistemas de producción. Finalmente, haciendo uso de la ventaja de trabajar dentro de una Red de Investigación, se debe considerar cuándo y en qué localidades se podrán omitir los ERC y montar—con base en experiencias locales adquiridas con el germoplasma (ERB e investigación agronómica paralela) en otros puntos de la RIEPT—los ERD, en los cuales se ensayarán las mejores pasturas, contra las tradicionales, en el sistema de producción animal predominante en una región.

Conclusión

A manera de apertura de esta reunión, se ha llamado la atención sobre los puntos más importantes que se considerarán, como marco de referencia, para las discusiones

de los próximos tres días. Igualmente, se invita a los delegados—cuya presencia aquí debe agradecerse—a participar al máximo en las discusiones de esta reunión, teniendo en cuenta que hasta hoy, en este continente, las evaluaciones bajo pastoreo han sido, por tradición, campo exclusivo de unos cuantos investigadores sobresalientes. Se propone abrir la discusión analizando la problemática de la evaluación del germoplasma bajo pastoreo en pequeñas parcelas, con la intención de definir las bases para el desarrollo de metodologías aplicables en todo el continente. Esta labor contribuirá a impulsar la evaluación de las nuevas posibilidades de germoplasma salidas de los ERA y ERB, así como la evaluación de los muchos jardines de introducción existentes, con el fin de causar impacto—con mejores pasturas y a corto plazo—en los sistemas de producción animal de la vasta frontera agropecuaria de América tropical.

Referencias

- Amézquita, M.C. 1982. Recopilación, procesamiento y análisis de información. En: Toledo, J.M. (ed.). Manual para la evaluación agronómica; Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. p. 117-125.
- Cochrane, T.T. 1982. Caracterización agroecológica para el desarrollo de pasturas en suelos ácidos de América tropical. En: Toledo, J.M. (ed.). Manual para la evaluación agronómica; Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. p. 23-44.
- Toledo, J.M. y Schultze-Kraft, R. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. En: Toledo, J.M. (ed.). Manual para la evaluación agronómica; Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. p. 91-110.

Efecto del clima, el suelo, y el manejo del pastoreo en la producción y persistencia del germoplasma forrajero tropical

Raymond R. Jones*

Resumen

La producción de los forrajes tropicales depende de un conjunto de factores interactuantes como, p. ej., las variables climáticas—temperatura, precipitación pluvial, y radiación solar—la capacidad de suministro de nutrimentos del suelo, la cantidad de agua acumulada en el suelo en el área de la raíz, y los efectos tanto del régimen de defoliación anterior como del actual. Otros factores que contribuyen a hacer más compleja esa producción son, de un lado, las toxicidades ocasionadas por el pH bajo, o por altas concentraciones de aluminio y manganeso solubles, o por el exceso de sales solubles en el suelo, y del otro la competencia de otras especies como gramíneas sembradas, leguminosas, o malezas.

La respuesta del germoplasma de especies forrajeras a los factores mencionados varía considerablemente. Esta variación es la clave para la identificación y promoción de cultivares forrajeros mejor adaptados a diferentes ambientes en los trópicos, donde es prácticamente imposible aplicar cantidades altas de fertilizantes y otras mejoras tecnológicas debido a su alto costo.

Hay una apremiante necesidad de comprender las respuestas de las especies forrajeras tropicales cultivadas en diferentes ambientes y suelos, y sometidas además a la competencia de otras especies y a diversas prácticas de defoliación. Sólo de esta manera el manejo de las pasturas tropicales podrá asentarse sobre una base sólida.

* Investigador Principal. Div. de Cultivos y Pastos Tropicales, CSIRO, Queensland, Australia.

Introducción

La producción de cualquier forraje tropical es primordialmente una función del suministro de nutrimentos y de agua por el suelo en el cual se cultiva ese forraje, de los factores climáticos a los que ha estado y está expuesto como son los necesarios para máximo crecimiento, y función también de los tratamientos de defoliación actuales y anteriores. Todos estos factores interactúan entre sí y con los genotipos particulares presentes en la pastura. La producción de la pastura es, por consiguiente, una respuesta integral a estas variables que actúan sobre ella, respuesta que se hace mucho más compleja si se tiene en cuenta el efecto causado en el forraje por plagas y enfermedades.

Inicialmente se discutirán los efectos del clima, de los suelos, y del manejo del pastoreo en el forraje como componentes independientes, y posteriormente se considerarán sus interacciones en relación con la selección del germoplasma forrajero tropical.

Efectos climáticos

En revisiones recientes se han estudiado los efectos de la temperatura (McWilliam, 1978), del agua (Turner y Begg, 1978) y de la luz (Ludlow, 1978) en el crecimiento de las especies forrajeras. Los efectos extremos de cada uno de los factores climáticos causan estrés en las plantas; también Ludlow (1980) ha estudiado la forma como estos estreses fisiológicos afectan los forrajes tropicales. Estos tópicos se enfocarán en este trabajo desde el punto de vista del agrónomo más que del fisiólogo, aunque la línea de demarcación entre ambas disciplinas no sólo no está claramente definida, sino que en algunas áreas ambas están cada vez más integradas, lo que parece por demás recomendable.

Temperatura

La temperatura influye en la mayoría de los procesos de crecimiento de las plantas y por ello resulta fácil entender por qué este es el factor principal que controla la distribución y la diversidad de las especies de forrajes (McWilliam, 1978). En los trópicos, las temperaturas relativamente elevadas durante el año permiten obtener altos rendimientos de materia seca, y en los subtrópicos es precisamente el patrón de temperatura durante el año lo que determina la distribución del rendimiento especialmente en el caso de las leguminosas tropicales (Jones, 1971). En los trópicos, además, a mayor altitud las temperaturas son más bajas y el rango diario de temperatura puede aumentar, especialmente cuando crece la latitud.

La temperatura óptima para el crecimiento de las gramíneas tropicales es, generalmente, 35°C, la máxima es de 40 a 45°C, y la mínima de 15°C, por debajo de la cual el crecimiento es muy lento o se suspende (McWilliam, 1978). Se han efectuado muchos estudios de ambiente controlado con temperaturas constantes, a pesar de que esta situación nunca se presenta en la práctica. Predecir con exactitud las temperaturas máxima y mínima para el crecimiento es tarea difícil debido a la interacción existente

entre las temperaturas diurnas y nocturnas (Ivory y Whiteman, 1978). Las especies subtropicales y aquéllas de regiones de mayor altitud no se adaptan bien a los trópicos; por ejemplo, *Paspalum dilatatum* y *Pennisetum clandestinum* no poseen una buena adaptación a las condiciones tropicales cálidas lo que puede deberse, en parte, a su menor tolerancia a las temperaturas altas (Ivory y Whiteman, 1978). La temperatura máxima de crecimiento más baja tiende a ser menor para las leguminosas tropicales estudiadas que para las gramíneas. Con base en estudios ambientales controlados y en observaciones de campo, las leguminosas tropicales podrían clasificarse por lo menos en dos grupos, que según Sweeney y Hopkinson (1975) se denominan: “leguminosas tropicales de clima cálido” el uno, y “leguminosas tropicales de clima frío”, el otro.

El primer grupo de leguminosas alcanza, aparentemente, el punto de máximo rendimiento por encima de los 27°C e incluye los géneros *Macroptilium*, *Centrosema*, *Pueraria* y *Stylosanthes* (Whiteman, 1968; Sweeney y Hopkinson, 1975). Las “leguminosas tropicales de clima frío”, en cambio, son susceptibles a las temperaturas altas y alcanzan el punto de máximo rendimiento a temperaturas inferiores a 28°C. Entre ellas se encuentran las especies *Desmodium intortum*, *D. uncinatum*, *D. sandawicense*, *Neonotonia wightii*, *Macrotyloma axillare*, *Lotonis bainesii* y *Trofolium semipilosum* (Whiteman, 1968; ‘t Mannelje y Pritchard, 1974; Sweeney y Hopkinson, 1975; Herridge y Roughley, 1976). No es sorprendente observar que estas especies son subtropicales o se encuentran a altitudes medias en los trópicos. Independientemente del rendimiento individual de cada especie, parece que existe una disminución lineal en la tasa de crecimiento por encima del rango de 28 a 14°C, lo que indica claramente el efecto marcado de la temperatura en el rendimiento de materia seca en las regiones que no se encuentran dentro de las zonas tropicales cálidas. En los subtrópicos de Queensland no se observó un crecimiento apreciable de *Centrosema pubescens* hasta que las temperaturas mínimas superaron los 13°C, y cuando las máximas pasaron de los 25.5°C (Bowen, 1959). Los valores respectivos para Siratro fueron 14 y 21°C (Jones, 1967; Jones, 1971) pero el crecimiento máximo de *D. uncinatum* se registró cuando las temperaturas mínimas superaron los 10°C (Whiteman y Lulham, 1970).

En general, el estrés debido a las temperaturas bajas es más frecuente que el debido a las temperaturas altas, cuando se trata de forrajes tropicales. De las especies tropicales estudiadas, únicamente *P. clandestinum*, *Chloris gayana* y *L. bainesii* mostraron cierta habilidad para crecer con temperaturas bajas (Ludlow, 1980). Las especies adaptadas a los trópicos como *Brachiaria ruziziensis*, *Calopogonium mucunoides*, *C. pubescens*, y *Pueraria phaseoloides* se vuelven cloróticas a una temperatura diurna-nocturna de 20°C (Ludlow y Wilson, 1970) y mueren cuando se cultivan a 20°C diurnos o a 6°C nocturnos (‘t Mannelje y Pritchard, 1974).

La exposición, tanto a altas temperaturas como a una duración decreciente del día, da como resultado una baja resistencia a las heladas en la mayoría de las especies tropicales, incapaces de adaptarse a estas condiciones extremas (Ludlow, 1980).

De las leguminosas tropicales, únicamente *L. bainesii* manifiesta una buena resistencia foliar a las heladas; en otras especies, las hojas mueren incluso cuando las heladas son suaves. Sin embargo, la resistencia de las plantas a la muerte ocasionada por las heladas varía, principalmente porque algunas evitan esos daños gracias a su

hábito de crecimiento y a la posición de sus puntos de crecimiento, que quedan sobre el suelo (Ludlow, 1980). Algunos ecotipos de latitudes altas de *C. virginianum* han logrado los mayores índices de supervivencia cuando están sometidos a heladas en los subtrópicos del sureste de Queensland, resultado que ha sido relacionado con una reducción en la altura del punto de crecimiento que es más bajo, a medida que aumenta la latitud, respecto al punto de origen (Clements y Ludlow, 1977).

La persistencia de las plantas puede disminuir, sin duda, en los lugares donde las temperaturas ocasionan estrés y donde las heladas moderadas pueden llegar incluso a matar las plantas (Jones, 1969). La persistencia de Siratro y de otras leguminosas tropicales, en áreas bajas del sureste de Queensland sometidas a heladas fuertes, es mucho menor que en las colinas adyacentes. Las heladas frecuentes—pueden presentarse incluso después de períodos de clima cálido en la primavera—equivalen a una defoliación severa en una época en que las plantas están creciendo activamente. El comportamiento deficiente del cultivar Verano (*Stylosanthes scabra* cv. Verano) en los subtrópicos puede deberse a la alta temperatura que requiere esta especie. Por ello, las observaciones hechas sugieren que el cultivar Verano es menos tolerante a las temperaturas bajas que *S. humilis* y *S. scabra* cv. Fitzroy, aunque no se dispone de información que compare su crecimiento a diferentes temperaturas.

El rebrote después de una helada es notablemente más lento en las leguminosas de hábito trepador o rastrero—como *Macroptilium*, *Neonotonia*, y *Desmodium*—si se compara con su crecimiento en áreas que no han sufrido el efecto de las heladas o han estado sometidas a una helada muy suave. Obviamente, este efecto disminuirá la persistencia de la leguminosa en la pradera si las especies asociadas con ella pueden crecer vigorosamente después de la helada.

La temperatura afecta el crecimiento y también la floración. A temperaturas altas, la floración puede anticiparse y la producción de semilla aumentar—como sucede con Siratro y otras líneas de *M. atropurpureum* (Imrie, 1973)—o puede inhibirse, como es el caso de *Lab lab purpureus*, cuando la temperatura mínima excede de los 18°C (Hill, 1967). Las temperaturas bajas, especialmente las nocturnas, pueden reducir considerablemente la producción de semillas de *S. humilis* (Skerman y Humphrey, 1973; Schronover y Humphreys, 1974) que siendo una especie anual, podría verse seriamente afectada en términos de densidad de planta y de rendimiento en los años subsiguientes, o incluso podría ser incapaz de persistir.

Numerosos ejemplos confirman que las temperaturas altas o bajas reducen la formación de semillas en las gramíneas tropicales, debido a los efectos adversos que sufre el polen o que deterioran la receptividad de los estigmas (Loch, 1980). En general, las temperaturas frías afectan más gravemente las especies realmente tropicales, y las temperaturas muy altas, las especies subtropicales o las tropicales de regiones de gran altura. Es obvio que si dichas temperaturas evitan la formación de semillas en especies que dependen de éstas para su regeneración, la persistencia de tales especies será severamente afectada.

La temperatura puede alterar enormemente la morfología de algunas especies de pastos de regiones templadas produciendo plantas más altas con hojas más grandes a

temperaturas altas, y plantas con más macollaje a temperaturas bajas (McWilliam, 1978). Según Sumerfield y Wien (1980), algunas especies tropicales pueden cambiar de un hábito de crecimiento determinado a uno indeterminado cuando se suceden noches cálidas (24°C) en comparación con noches frías (19°C). No se ha informado de estudios detallados sobre el efecto de dichas fluctuaciones en la morfología de las especies de pastos tropicales, pero en el caso del caupí, los cambios que se acaban de mencionar podrían afectar su persistencia en praderas pastoreadas si las plantas más altas fueran severamente defoliadas.

Agua

La mayoría de los pastos están sometidos a estrés por escasez de agua en alguna época del año, fenómeno que afecta su potencial de producción. Los déficit hídricos ocurren no sólo cuando la pérdida de agua por la transpiración excede el suministro de agua de las raíces, sino también como una consecuencia natural del flujo de agua en que deben superarse resistencias de fricción y potenciales gravitacionales (Turner y Begg, 1978). Cuando las plantas no están sometidas a estrés hídrico, la pérdida de agua por evaporación está controlada por factores climáticos; a medida que el suelo pierde humedad, la evapotranspiración de la planta disminuye, efecto asociado usualmente con una reducción en el rendimiento de materia seca.

El grado de estrés por falta de agua no depende solamente de la precipitación pluvial anual, sino de la distribución de ésta a lo largo del año y de su relación con la demanda de evaporación, las características del suelo, y el patrón de enraizamiento de cada especie forrajera. Estos factores determinan la cantidad de agua que puede ser transpirada, fenómeno que, a su vez, está relacionado con el rendimiento. En consecuencia, el rendimiento de materia seca de pasturas constituidas por *S. humilis* estuvo estrechamente relacionado con la evapotranspiración real estimada a partir de un modelo sencillo de balance hídrico (McCown et al., 1974). En las praderas de *S. humilis* / *Heteropogon contortus* sin fertilizar, en las de *S. humilis* / *Cenchrus ciliaris*, y en las de *C. ciliaris* fertilizadas con nitrógeno y fósforo, la producción de materia seca por centímetro de evapotranspiración se estimó en 50, 100 y 200 kg, respectivamente. Estos valores concuerdan con los 74 kg de materia seca de leguminosa producida por cada centímetro de precipitación pluvial efectiva, dentro del rango de 74 a 88 cm registrados en una pradera de *M. atropurpureum* / *P. plicatulum*, en el sureste de Queensland (Jones et al., 1967). En este experimento, la fijación de nitrógeno por parte de la leguminosa estuvo también altamente correlacionada con la precipitación anual efectiva, principalmente porque el rendimiento de la leguminosa se relacionó de igual modo con la precipitación efectiva.

La eficiencia de utilización del agua (EUA), es decir, la materia seca producida por unidad de agua utilizada en la evapotranspiración, ha demostrado ser consistentemente más alta en las gramíneas tropicales C_4 , en comparación con las gramíneas C_3 o con las leguminosas tropicales C_3 (Turner y Begg, 1978). Sin embargo, en estos experimentos fisiológicos las gramíneas recibieron una cantidad adecuada de nitrógeno; cuando no lo recibieron, las gramíneas C_4 presentaron una EUA más baja que las leguminosas. Por ejemplo, en condiciones de riego en Hawaii, las parcelas de *D. uncinatum* y

Leucaena leucocephala produjeron rendimientos más altos de materia seca que varias gramíneas tropicales a las que no se aplicó nitrógeno (Eriksen y Whitney, 1982). Aunque la utilización de agua, como tal, no se midió, es poco probable que bajo estas condiciones —una población adecuada de plantas y un suministro adecuado de agua— las leguminosas hayan utilizado más agua para obtener rendimientos más altos.

En la práctica, el aspecto crítico es la supervivencia más bien que las diferencias en la producción de materia seca. Una amplia evidencia generada en estudios de campo demuestra que las especies difieren sustancialmente en su capacidad de tolerancia a la sequía. Los mecanismos empleados por las plantas también son diferentes (Ludlow, 1980); algunas escapan, simplemente, a la sequía severa por medio de su hábito de crecimiento anual. Las plantas también pueden regular la floración y la formación de semillas aprovechando al máximo la duración de la estación húmeda para el crecimiento, y dejando la formación de semilla para antes de que la sequía agote la planta, como ocurre, por ejemplo, con *S. humilis* (Gillard y Fisher, 1978) y con *C. pascuorum* (Clements y Williams, 1980).

Otras plantas evitan el estrés hídrico mediante otros mecanismos. Siratro, por ejemplo, tiene un sistema radical profundo capaz de extraer agua de horizontes inferiores del suelo; posee, además, un control de los estomas muy sensible tanto a la humedad atmosférica baja como a los pequeños cambios en el potencial de agua de las hojas, que le permite cerrar los estomas a un valor de ese potencial (-15 bares) relativamente alto. Cuando está sometido a estrés por falta de agua, Siratro también dispone sus hojas en posición paralela con respecto a la dirección de los rayos solares (paraheliotropismo) lo que le permite reducir el exceso de radiación, la temperatura foliar, y por ende, la pérdida de agua. Posee también esta especie un mecanismo de reducción del área foliar mediante el cual las hojas más viejas se caen y todas las hojas nuevas que produce son pequeñas, de color verde oscuro, gruesas, y pubescentes durante el período de estrés (Ludlow, 1980).

Otras especies toleran el estrés por medio de su capacidad de retención de las hojas cuando el potencial hídrico es bajo. Muchas gramíneas tropicales pueden reducir su potencial hídrico foliar a -120 o a -130 bares antes de que mueran las hojas, reducción que contrasta con sólo -23 bares en Siratro (Ludlow, 1980). Sin embargo, muchas leguminosas tropicales también toleran el estrés, especialmente aquellas adaptadas a trópicos semiáridos. Las especies como *S. hamata*, *S. scabra* y *C. pascuorum* se comportan como las gramíneas en muchos sentidos y pueden tener un potencial hídrico foliar menor de -100 bares (Ludlow, 1980); en consecuencia, pueden continuar perdiendo agua y haciendo fotosíntesis en plena estación seca.

La adaptación al estrés ocasionado por la sequía parece ser una característica común de las especies de pastos tropicales (Ludlow, 1980), aunque el mecanismo de esa adaptación y el punto hasta el cual ella se logra pueden variar entre especies. Sin embargo, no debería esperarse que una especie desarrolle simplemente tolerancia al estrés por el solo hecho de estar expuesta a la sequía. El agrónomo conoce la tolerancia de las especies que ha estado evaluando antes de que él pueda dar una explicación específica sobre el por qué de dicha tolerancia. Se sabe que en Tanzania la gramínea *C.*

gayana es menos tolerante a la sequía que *Cynodon dactylon* o que *C. ciliaris*; sin embargo, esa gramínea es de mucho valor en años lluviosos cuando se autopropaga mediante semillas y estolones (McCown, 1973). De igual modo, Siratro es menos tolerante a la sequía prolongada que *S. scabra* o que *S. hamata* en el norte de Australia. Debe sospecharse que especies que no toleran el estrés causado por la sequía, no persistirán en ambientes sometidos a estaciones secas prolongadas: varios años secos podrían lograr que aquéllas desaparecieran completamente de la pastura.

Las revisiones mencionadas anteriormente (Turner y Begg, 1978; Ludlow, 1980) han subrayado la escasez de estudios comparativos entre diferentes especies y cultivares sobre los efectos del estrés por sequía en los procesos morfológicos y fisiológicos. Tales estudios comparativos permitirían una mejor comprensión de las implicaciones ecológicas que acarrearán las diferentes estrategias empleadas por las plantas para evitar o tolerar el estrés por falta de agua. Conociendo detalladamente el régimen hídrico de cada área en particular, es posible predecir la mejor estrategia para ese ambiente y seleccionar las plantas que se adapten a él.

Luz

Al estudiar el efecto de la luz en las plantas hay dos aspectos principales que se deben considerar: la cantidad de radiación solar recibida y la duración del día. Aunque la cantidad total de radiación solar está relacionada con la duración del día, ésta, per se, ejerce efectos importantes en plantas que son independientes de la radiación total diaria. Este fenómeno se discutirá más adelante.

El tapiz vegetal de las praderas adecuadamente irrigadas, y que disponen de un buen suministro de nutrimentos, pocas veces se encuentra saturado por la luz (Ludlow, 1980). En tales condiciones se puede esperar una respuesta a un incremento en la radiación solar. Esas pasturas muestran también una disminución en el crecimiento de la parte aérea, y especialmente de las raíces, cuando están bajo la sombra (Eriksen y Whitney, 1981; 1982). Esta respuesta es válida para las gramíneas tropicales C_4 y para las leguminosas tropicales C_3 , a pesar de que las hojas de las especies C_3 alcanzan el nivel de saturación de luz a un 30 ó 50% de la iluminación solar total, en tanto que las hojas de las especies C_4 no se saturan ni siquiera con la exposición solar total (Ludlow, 1978). Este comportamiento, similar para ambos tipos de plantas, obedece a que la mayoría de las hojas que forman el follaje reciben niveles bajos de radiación, dado el efecto de sombreamiento que producen las hojas superiores. En condiciones favorables, por consiguiente, el rendimiento del forraje a lo largo del año debería estar relacionado con la radiación solar que incide sobre el cultivo; así ha ocurrido con las praderas irrigadas en el sureste de Queensland (Jones et al., 1968) y con el maíz sembrado en diferentes épocas durante el año en Hawaii (Jong et al., 1982).

Cuando no existen más limitantes, la producción de forraje en la pastura reflejará la variación en la cantidad de radiación solar recibida, siempre y cuando las plantas puedan soportar la demanda de evaporación impuesta por ese régimen de radiación. En Australia subtropical, la gramínea *P. clandestinum* es incapaz de soportar la demanda de evaporación en la primavera cuando se presentan los niveles de radiación más altos, aunque sea irrigada, y su producción puede ser mayor bajo un cielo nublado

(Murtagh, 1978). El pasto Pangola, expuesto a una radiación mucho más intensa en el norte de Australia, se comportó de manera muy diferente y produjo el doble que el *P. clandestinum*, aun estando sometido a una demanda de evaporación superior (Blunt y Jones, 1980).

En los trópicos —donde la radiación es, a menudo, el factor climático menos variable de un año a otro— los niveles de radiación suelen ser altos (Coaldrake, 1964). Aunque la tasa fotosintética se halla estrechamente relacionada con la radiación cuando los otros factores son limitativos (Ludlow, 1978), es dudoso que los niveles de radiación per se restrinjan seriamente la producción de fitomasa de muchas de las praderas tropicales, excepto cuando el cielo nublado sea una característica permanente del medio ambiente en los trópicos húmedos. Las pasturas establecidas debajo de árboles son un caso específico en que el sombrío es importante para la producción y persistencia de la pradera; se requieren para ello especies que toleren la sombra, y existe evidencia de que las especies forrajeras difieren en su respuesta a aquélla. *S. guianensis* tiene, en general, un comportamiento deficiente cuando está en la sombra. Las especies cultivadas en la sombra que mostraron una reducción menor en rendimiento en Hawaii, son: *D. intortum*, *C. pubescens*, *L. leucocephala*, *D. canum* y *M. atropurpureum* (Siratro), entre las leguminosas; y *Panicum maximum*, *B. miliformis*, *B. brizantha* y *P. clandestinum*, entre las gramíneas (Eriksen y Whitney, 1981; 1982).

El rendimiento de Siratro disminuyó marcadamente en la sombra, en el sureste de Queensland, en comparación con el de otras leguminosas; sin embargo, incluso en la sombra, continuó superando en rendimiento a las otras leguminosas incluidas en el ensayo (Whiteman et al., 1974). El crecimiento aéreo de plántulas de *Leucaena* sufrió poco por la sombra aunque los incrementos de sombra sí afectaron su crecimiento radical (Egara y Jones, 1977); las plántulas de *S. humilis*, por su parte, murieron cuando se las sometió a una sombra muy intensa (Sillar, 1967). Estos ejemplos ilustran las enormes diferencias que existen, entre especies forrajeras, respecto al carácter “tolerancia a sombra”. Es interesante observar que las gramíneas alcanzaron mayor altura en la sombra, en tanto que la altura de las leguminosas no experimentó cambio alguno (Eriksen y Whitney, 1981; 1982), respuesta que podría tener implicaciones en relación con la tolerancia al pastoreo en condiciones de sombrío. Sorprendentemente, los rendimientos de algunas gramíneas cultivadas sin fertilizante nitrogenado aumentaron a la sombra, al igual que su absorción de nitrógeno (Wong y Wilson, 1980; Eriksen y Whitney, 1981); estos últimos investigadores sugirieron que el rendimiento con un suministro bajo de nitrógeno disminuyó a plena luz solar debido a que la tasa de destrucción de clorofila fue mucho más rápida que la de reposición.

En las praderas de gramíneas y leguminosas asociadas, la capacidad de ambas para mejorar su acceso a la radiación solar puede ser más importante que su capacidad de tolerar la sombra (Ludlow, 1978). En consecuencia, las plantas altas poseen cierta ventaja sobre las de poca altura, y las trepadoras pueden superar a sus vecinas, ventaja que es acumulativa ya que las plantas que han sido sobrepasadas en altura sufren una reducción en su tasa de crecimiento. La teoría de que las leguminosas C_3 pueden tener una ventaja sobre las gramíneas C_4 en condiciones de sombrío debería revisarse, toda vez que se ha demostrado que algunas gramíneas absorben más nitrógeno y dan un

rendimiento más alto de materia seca cuando están en la sombra (Wong y Wilson, 1980; Eriksen y Whitney, 1981); además, las gramíneas C_4 superaron a Siratro en condiciones de sombrío, especialmente cuando se las defolió con frecuencia (Wong y Wilson, 1980). Naturalmente, en la mayoría de los experimentos con sombrío artificial no hay competencia por el nitrógeno y otros nutrientes, como ocurre en las pasturas establecidas bajo árboles o plantaciones de algunos cultivos, lo que podría favorecer a las leguminosas. Sin embargo, la mayor tolerancia de *D. intortum* a la sombra no resultó cierta cuando sus raíces tuvieron que competir con *Setaria* en asociaciones de ambas especies (Kitamura et al., 1981).

La duración del día puede afectar el rendimiento de forraje al reducir el crecimiento vegetativo de las especies, que se vuelven reproductivas bajo ciertas duraciones específicas del día y también por un efecto directo sobre el rendimiento. En estudios controlados, el rendimiento de *M. atropurpureum* y, particularmente, el de *D. intortum*, disminuyeron con una duración del día de 11 horas en comparación con la de 14 horas, aunque otras leguminosas tropicales también mostraron, en ese estudio, una reducción del rendimiento ('t Mannelje y Pritchard, 1974). En el otoño de los subtrópicos se puede presentar una reducción marcada de la productividad porque disminuyen tanto la duración del día como la temperatura. Cuando se cultivan especies anuales en días cuya duración acelera la floración, se pueden presentar reducciones considerables del rendimiento, como se ha observado en el ejemplo ya clásico de *S. humilis* ('t Mannelje y Bennekom, 1974). Aun en las especies perennes, las duraciones del día que convierten a las plantas en reproductivas pueden reducir los rendimientos más tarde; un ejemplo típico es *N. wightii* cv. Tinaroo que florece únicamente en días de duración corta y de esta manera retiene su vigor vegetativo hasta bien entrado el otoño o hasta comienzos del invierno, en las regiones subtropicales (Edye, 1967).

Antes de cerrar esta sección, es necesario comentar la importancia que tienen todas las variables climáticas en la producción de semilla de forraje. A menos que la especie se haya aclimatado a las condiciones ambientales, la producción de semilla puede ser un fracaso completo. La importancia del clima en relación con la producción de semilla de pastos tropicales ha sido considerada en detalle en otras revisiones (Hopkinson y Reid, 1979; Loch, 1980).

Limitaciones edáficas y nutricionales

Los suelos difieren ampliamente en cuanto a sus propiedades físicas y químicas, lo mismo que en profundidad y en condiciones topográficas. Estas diferencias se pueden reflejar en la productividad y persistencia de las especies forrajeras que se establecen en ellos. Los suelos en los trópicos y subtrópicos están, a menudo, altamente meteorizados y en las áreas más húmedas están sujetos, con frecuencia, a una lixiviación marcada (Isbell, 1978; Sánchez e Isbell, 1979). Se ha hecho énfasis en los problemas de fertilidad del suelo, ya que la identificación de las deficiencias o toxicidades permite corregir esos desórdenes por medio de fertilizantes. Los suelos dedicados a los pastos son aquéllos que, por una u otra razón, son inadecuados para otros tipos de cultivos y su fertilidad es generalmente baja. Estos problemas no son exclusivos de los suelos

tropicales; lo que sí es típico de ellos es la magnitud de los problemas de fertilidad del suelo en relación con los recursos orientados a solucionarlos (Fox y Kang, 1977).

Los principales nutrimentos que limitan la producción de pastos son el nitrógeno, el fósforo, el azufre y, en menor grado, el potasio, el magnesio y los elementos menores; también la restringen la alta acidez del suelo, su salinidad, y sus niveles tóxicos de aluminio y manganeso. Estos aspectos, referidos a los suelos tropicales, han sido bien documentados en las memorias de varias conferencias (Vincent et al., 1977; Andrew y Kamprath, 1978; Sánchez y Tergas, 1979) y por consiguiente, no se tratarán detalladamente en este trabajo. Algunas deficiencias, como las de nitrógeno y fósforo, son comunes a los suelos que poseen cierto potencial para el mejoramiento de pastos, en tanto que otras pueden ser más bien regionales. Así por ejemplo, la alta acidez del suelo y los problemas relacionados con ella, son mucho más graves en los suelos de América del Sur que en Australia (Sánchez e Isbell, 1979).

Es un hecho bien conocido de todos los agrónomos que la capacidad de suministrar los nutrimentos necesarios para una buena producción de forraje es completamente diferente en un suelo que en otro. Así mismo, es cada vez más aceptado entre ellos que existen diferencias entre las especies forrajeras respecto a su habilidad para tolerar bajos niveles de nutrimentos, o de responder a incrementos de algunos nutrimentos en particular (Andrew y Johansen, 1978; Robson y Loneragan, 1978). Sin embargo —como señalan estos últimos autores— los mecanismos fisiológicos que explican las diferencias en esas respuestas no son bien conocidos. Como ejemplos se pueden citar, entre los géneros tropicales, la capacidad superior del género *Stylosanthes* para tolerar los niveles bajos de fósforo en el suelo en comparación con géneros como *Desmodium*, *Macroptilium*, y *Centrosema* (Fenster y León; 1979; Burt et al., 1980); la intolerancia de *C. ciliaris* a los niveles altos de manganeso soluble, en comparación con *P. plicatum* y *S. sphacelata* (Smith, 1979); la intolerancia de *N. wightii* a los niveles bajos de calcio y a los altos de aluminio, en comparación con *M. lathyroides*, *D. uncinatum*, *L. bainesii*, y *S. humilis* (Andrew et al., 1973); y la gran tolerancia de algunas especies de *Stylosanthes*, como *S. capitata*, a niveles elevados de aluminio, como lo demuestran los ensayos adelantados en el Programa de Pastos Tropicales del CIAT.

El crecimiento de las leguminosas en suelos ácidos no depende únicamente de la planta en sí, sino también de la simbiosis leguminosa— *Rhizobium*. Las plantas que dependen del nitrógeno simbióticamente fijado son, generalmente, más sensibles a los niveles altos de acidez del suelo y a sus factores asociados, que aquéllas que reciben fertilizantes nitrogenados. Se ha tratado de agrupar las diferentes leguminosas de acuerdo con su tolerancia o sensibilidad a la acidez del suelo (Munns, 1977). No sólo las especies forrajeras sino también las cepas de *Rhizobium* responden de manera diferente a la acidez del suelo. *L. leucocephala*, una especie considerada altamente sensible a la acidez del suelo, requiere la presencia de la cepa correcta de *Rhizobium* (CB81), para poder crecer en suelos ácidos (Norris, 1973).

El suministro de nutrimentos a las plantas puede ser modificado considerablemente por los microorganismos presentes en el suelo. Al igual que *Rhizobium*, numerosos microorganismos habitan en los suelos dedicados a pasturas, particularmente en las rizosferas. Ellos pueden afectar el crecimiento de las plantas forrajeras de manera muy

compleja, pero su ecología no se conoce totalmente y el hombre, en este momento, es incapaz de modificar estos microorganismos de manera consistente para aumentar el crecimiento de las forrajeras (Rovira, 1978). Las micorrizas endotróficas vesículo-arbusculares aumentan notablemente el crecimiento de muchas especies forrajeras cuando el suelo tiene un contenido bajo de fósforo, y pueden ser esenciales en esas circunstancias para iniciar la nodulación (Mosse, 1977). Se han registrado otros efectos benéficos de las micorrizas del suelo, que ayudan a aliviar diversos tipos de estrés en las plantas (Jehne, 1980). Como los suelos tienen diferentes poblaciones de micorrizas, es probable que la productividad de los forrajes esté limitada por la ausencia de cepas eficientes. Sin embargo, los factores que gobiernan la simbiosis micorrízica en suelos naturales no son bien conocidos (Jehne, 1980) ni tampoco su contribución a la diferente productividad de las pasturas en suelos distintos.

En algunos suelos ocurre una fijación efectiva de nitrógeno por parte de organismos asociados con las raíces de las gramíneas tropicales (Dobereiner y Day, 1976). Varios organismos han sido hallados en tales asociaciones pero la especie encontrada con más frecuencia es *Azospirillum brasiliense*, que fue registrada en la rizosfera del 95% de las gramíneas recolectadas en el norte de Australia (Weir, 1980). Los factores del suelo que sin duda influyen en la eficiencia de esta relación son la temperatura, el nivel de agua del suelo, el pH, la relación carbono:nitrógeno, y la facilidad de descomposición de la materia orgánica (Weir, 1980). El hecho de que haya especies de gramíneas que puedan influir en esta relación es importante para los agrónomos porque les permite identificar las combinaciones de especies forrajeras/suelo que promueven la fijación de nitrógeno en gramíneas tropicales. Esto sería valioso en las asociaciones de gramíneas con leguminosas agresivas, para conferir más vigor a las gramíneas que de otra manera podrían ser dominadas por las leguminosas. Es poco probable que las asociaciones de microorganismos fijadores de nitrógeno con las gramíneas sean lo suficientemente conocidas o eficientes como para disminuir el énfasis que se debe dar a la tecnología de las pasturas a base de leguminosas en los trópicos.

Otros factores, además del suministro de nutrimentos, influyen en la productividad y en la persistencia de las especies forrajeras; aunque los suelos dispongan de los nutrimentos necesarios y tengan la humedad adecuada, se observan todavía grandes diferencias en rendimiento, incluso bajo condiciones controladas. En general, las leguminosas tropicales crecen bien en suelos arenosos y francos pero su producción y su persistencia en suelos muy arcillosos son, a menudo, pobres; como excepciones a esta norma se pueden citar a *L. leucocephala* y a *Clitoria ternatea* (Parberry, 1967). Las especies de *Indigofera* y de *Acacia* son también representativas de suelos de África. La leguminosa *Stylosanthes* se considera, generalmente, como adaptada a suelos ácidos arenosos pero algunos ecotipos de *S. hamata* prevalecen en suelos alcalinos (Burt y Miller, 1975; Burt et al., 1980); las razones que explican estas diferencias de adaptabilidad no se conocen totalmente. La poca productividad y persistencia del Siratro —que enraiza profundamente en un suelo arcilloso y no así en un suelo granítico adyacente— no se debieron al estrés por falta de agua o al suministro insuficiente de nutrimentos; la toxicidad registrada después del primer año, cuando las raíces habían penetrado en el suelo, se atribuyó a la absorción de cloro (Fisher, 1980).

La capacidad de retención de agua, una función de la profundidad del suelo y de la tasa de infiltración, puede tener efectos considerables tanto en el rendimiento como en la persistencia de las especies forrajeras. Los suelos con tasa de infiltración superficial baja almacenan únicamente pequeñas cantidades de agua en el perfil del suelo, particularmente si la lluvia se presenta en forma de precipitaciones intensas separadas por períodos secos (McCown et al., 1970). La escorrentía o drenaje lateral contribuye a que se almacene poca agua en el perfil del suelo de manera que la producción, en la siguiente estación, puede ser deficiente. Como la producción de las leguminosas está estrechamente relacionada con la evapotranspiración, su rendimiento a la entrada de la estación seca depende de la cantidad de agua almacenada en el suelo (McCown, 1973).

Algunos suelos con tasas de infiltración superficial bajas pueden sufrir los efectos del anegamiento en la estación húmeda y de la sequía en la estación seca, una combinación de fenómenos climáticos a menudo perjudicial para la producción y persistencia de las leguminosas. Sin embargo, varias gramíneas (Anderson, 1974a; Anderson, 1974b) y leguminosas (McIvor, 1976; Humphreys, 1980) toleran el anegamiento. Aun dentro de la misma especie se han hallado diferencias de tolerancia al anegamiento, lo que mejora las probabilidades de selección y mejoramiento respecto a estas características (Brolmann, 1978; Brolmann, 1980).

En las regiones semiáridas, los suelos sódicos pueden ocasionar problemas debido a sus niveles altos de sales solubles y a su concentración alta de sodio intercambiable. El empleo de especies tolerantes a estas condiciones es la única posibilidad de hacer un uso eficiente de esos suelos. La tolerancia a la sal, tanto de las gramíneas como de las leguminosas, varía ampliamente: *P. coloratum* y *C. gayana* muestran mejor tolerancia que *C. ciliaris* y *P. maximum*, mientras que *Medicago sativa*, *Macroptilium lathyroides* y *M. atropurpureum*, por su parte, son mucho más tolerantes que *D. intortum*, *D. uncinatum* y *S. humilis* (Russell, 1978). La escasa tolerancia de *S. humilis* contrasta con la tolerancia muy superior de *S. hamata* cv. Verano¹.

En consecuencia, los factores del suelo que afectan adversamente la productividad y la persistencia del germoplasma forrajero tropical pueden contrarrestarse mejorando el suelo, sembrando especies forrajeras tolerantes a esas condiciones edáficas, o por medio de una combinación de ambas medidas (Russell, 1978). En muchos casos, cuando el empleo de una cantidad alta de insumos para mejorar los suelos sea antieconómico, se debería utilizar germoplasma más tolerante que permitiera aplicar cantidades menores de insumos. La variación en la tolerancia a las condiciones limitativas del suelo, aquí estudiadas, que presentan las especies forrajeras, sugiere la posibilidad de lograr progresos en este sentido en el futuro.

Manejo del pastoreo

El manejo inapropiado del pastoreo puede reducir considerablemente el rendimiento y la persistencia de todas las especies forrajeras tropicales (Harris, 1978). Lo que se considere apropiado o inapropiado difiere según la especie y según las diversas

¹ Betteridge, K. y Jones, R. J. Información no publicada.

áreas climáticas. En general, las leguminosas son más sensibles al manejo del pastoreo que la gramíneas, pero hay excepciones. Se hace énfasis en las leguminosas, porque si éstas mueren, la producción total de las praderas disminuirá.

Las dos variables clave en el manejo del pastoreo son la carga animal que influirá en la presión de pastoreo de la pradera o de los componentes de la pradera, y el método de pastoreo, es decir, la forma como se pastorean las praderas. El segundo aspecto implica decisiones sobre la duración del tiempo de pastoreo y de descanso. En general, la carga animal escogida influye notablemente en la productividad de los pastos y en la persistencia de las leguminosas, y cualquier especie forrajera puede reducir su producción prácticamente a cero por causa del sobrepastoreo.

Falta mucho por aprender acerca del manejo del pastoreo en las praderas tropicales. Después de todo, la mayor parte de las especies de leguminosas que se están desarrollando actualmente tienen una historia muy corta de domesticación, y se conoce relativamente poco sobre su ecología en praderas pastoreadas en diferentes regímenes climáticos. Las leguminosas tropicales rastreras y trepadoras como *D. intortum*, *D. uncinatum*, Siratro, y *N. wightii* son sensibles al corte bajo y frecuente o al pastoreo intenso (Humphreys y Jones, 1975; Jones, 1977). Sus puntos de crecimiento se encuentran al alcance del animal que las pastorea, y el rebrote, partiendo de las yemas basales, es muy lento. Al aumentar la carga animal, el porcentaje de contribución de Siratro en una pradera de *Setaria sphacelata*/Siratro, pastoreada continuamente, disminuyó con el tiempo al igual que el rendimiento de materia seca. Con una carga de 1.1 novillas/ha la producción de forraje y el porcentaje de leguminosa permaneció relativamente estable en el tiempo, mientras que con 3.0 novillas/ha, el Siratro, prácticamente, desapareció (Jones y Jones, 1978). Sometida a pastoreo rotacional, la misma mezcla dio rendimientos más bajos y un porcentaje inferior de Siratro al aumentar la carga animal de 0.8 a 2.8 novillas/ha; la disminución del rendimiento de Siratro fue más rápida con un sistema de rotación de 3 semanas que con uno de 9 semanas (Jones y Jones, 1978). En asociación con *P. maximum*, el porcentaje y el rendimiento de Siratro fueron más altos con el pastoreo continuo que cuando se la pastoreó a intervalos de 3 ó 6 semanas (Stobbs, 1969); en asociación con *C. ciliaris*, Siratro también se ha comportado mejor en pastoreo continuo, a una tasa de carga determinada, que en el rotacional (t Mannetje, 1980).

La presión de pastoreo alta reduce la persistencia de Siratro; las plantas de Siratro tienen, en promedio, una vida de sólo 5 meses con una carga de 3 novillas/ha pero sobreviven, en cambio, 15 meses con 1.7 novillas/ha (Jones y Jones, 1978); estos resultados señalan la necesidad de promover el desarrollo de nuevas plantas por medio de semilla para mantener las poblaciones y la producción de la pradera. Con una presión de pastoreo baja, las plantas de Siratro crecen continuamente y desarrollan estolones fuertes; la regeneración de las plantas partiendo de semilla fue menos importante en este caso que con las cargas altas. Es obvio que la estabilidad de una pradera con estas leguminosas tropicales trepadoras es muy sensible al manejo del pastoreo, cuyo componente clave es la carga animal. En la práctica, estas praderas dan la impresión de que no están siendo suficientemente pastoreadas y presentan pocas malezas cuando reciben la carga "correcta". Al aumentar la carga animal, se observan

algunas malezas y disminuye la producción de las leguminosas, lo que, a su vez, reduce el aporte de nitrógeno; este resultado conduce a una producción aún más baja y a una mayor presión de pastoreo en las leguminosas (Jones y Jones, 1978; Robert, 1980).

Las leguminosas más tolerantes al corte frecuente no se comportan como el Siratro en las praderas pastoreadas. *L. bainesii* (Bryan, 1961), *S. humilis* (Gillard y Fisher, 1978), *S. hamata* cv. Verano¹, *D. heterophyllum* (Partridge, 1979), *T. semipilosum* (Jones, 1973) y *Arachis glabrata* (Beltranona et al., 1981) no experimentan reducciones considerables del rendimiento al aumentar la defoliación y tienden a ser más persistentes y productivas con cargas animales altas. Estas especies también pueden formar semilla bajo una carga alta, como sucede con *L. bainesii*, *T. semipilosum*, y *S. hamata* cv. Verano; o pueden multiplicarse por medio de estolones o rizomas, como *D. heterophyllum*, *A. glabrata* y *T. semipilosum*. La carga animal baja, que propicia la competencia de las gramíneas más altas, puede afectar adversamente estas leguminosas; por tanto, podría ser necesario asociarlas con especies de gramíneas más postradas, para facilitar el manejo del pastoreo.

Con el fin de mantener un equilibrio de gramíneas y leguminosas en las praderas, el manejo del pastoreo se dificulta aún más cuando hay diferencias grandes en el grado de aceptación relativa entre los componentes de la pradera. Cada vez se reúne más evidencia respecto a que las gramíneas, en general, gozan de preferencia frente a las leguminosas en la estación húmeda, mientras que en la estación seca sucede lo contrario (Stobbs, 1977; Gardener, 1980). Sin embargo, el género *Leucaena* es bien aceptado en ambas estaciones y Siratro es más rápidamente consumido que *S. hamata* cv. Verano y que la especie relativamente poco palatable *S. viscosa*. Las especies que no son consumidas en la estación húmeda tienen una ventaja considerable sobre las que lo son, lo que puede ocasionar problemas de manejo cuando se trata de mantener un equilibrio de especies y evitar la invasión de malezas en la pradera.

Conocer las características de las especies forrajeras ayuda a diseñar prácticas de manejo del pastoreo para obtener los objetivos deseados, lo que sería mucho más fácil si se dispusiera de pasturas complementarias a fin de poder emplear cargas animales diferenciales. En los subtrópicos del sudeste de Queensland, las praderas a base de Siratro o de *T. semipilosum* podrían manejarse de manera que ambos componentes salieran beneficiados. Una carga leve en el verano en las praderas a base de Siratro aumentaría la leguminosa en el otoño, mientras que una presión de pastoreo alta en *T. semipilosum* en el verano controlaría el crecimiento de la gramínea, estimularía la disseminación del trébol, y permitiría obtener, por ende, un contenido más alto de leguminosa en el otoño y en el invierno (Jones y Jones, 1982). Aparentemente, no se dispone de información suficiente sobre la mayor parte de las especies forrajeras tropicales que permita formular técnicas de manejo del pastoreo confiables para los diferentes ambientes.

Las especies arbustivas apetecibles requerirán, probablemente, un manejo cuidadoso para evitar el sobrepastoreo ya que ellas, por lo general, se siembran en surcos espaciados de fácil acceso para el animal en pastoreo. Por otra parte, es posible que

¹ Jones, R. J. Información no publicada.

hayan sido sembradas con un objetivo específico y sería conveniente darles un descanso a fin de disponer de alimento de buena calidad en la estación seca.

Es importante recalcar que las leguminosas responden de manera diferente a la defoliación y que estas diferencias se pueden reflejar en sus respuestas a aumentos de carga animal o de la presión de pastoreo. La naturaleza de la gramínea asociada —respecto al vigor o palatabilidad relativa, principalmente— podría modificar los efectos del pastoreo en la leguminosa, efectos que serían, tal vez, benéficos o perjudiciales a la asociación de ambas especies. Se necesitaría, probablemente, emplear alguna estrategia de manejo como el descanso de la pradera en la época de floración de la leguminosa o al comienzo del rebrote de la gramínea cuando empieza la estación húmeda, a fin de restaurar el equilibrio entre las especies que han sido sobrepastoreadas o han sufrido por alguna otra causa.

Pocos estudios hay, desafortunadamente, que describan en detalle los efectos de las diferentes prácticas de manejo del pastoreo en la productividad y en la persistencia del germoplasma forrajero tropical. Además, para que tales estudios sean útiles, deben medir no solamente los atributos de las praderas sino también la producción animal en un sistema realista de pastoreo. Donde la pradera mejorada represente una pequeña proporción de la totalidad de las praderas de la explotación, se debe adoptar un sistema de pastoreo que permita aprovecharla al máximo, como p.ej., un sistema variable de carga (“put and take system”). Cuando la proporción de pasturas mejoradas es mayor en la explotación, se dificulta —o es casi imposible— aplicar métodos de pastoreo que permitan maximizar la utilización del forraje.

Hay dos formas de estudiar el efecto del manejo del pastoreo en el germoplasma tropical. La una define el sistema de manejo que se empleará en la práctica y selecciona luego el germoplasma para dicho sistema. La otra selecciona primero una especie que sea excepcionalmente promisorio y luego diseña un manejo que maximice su productividad y persistencia. El primer enfoque es mucho más apropiado para el sistema de manejo extensivo que prevalece en el norte de Australia. En otras situaciones, y con un genotipo sobresaliente, el segundo enfoque podría ser más favorable. En ambas estrategias importa medir la producción animal bajo diferentes manejos de la pastura para poder determinar cuáles son los beneficios aportados por cada manejo en producción animal. Los resultados de las pocas comparaciones de manejo de pastoreo en praderas tropicales indican que la producción de las praderas pastoreadas continuamente fue tan buena como la de aquéllas en las que se empleaban métodos de pastoreo rotacional (t Mannetje et al., 1976). La mayoría de las comparaciones se prolongaron tan sólo durante tres años, así que es necesario ser precavido al evaluar estos resultados. Por otra parte, las prácticas de pastoreo rotacional adoptadas no parecen estar diseñadas para lograr un objetivo predeterminado. Mientras no se definan dichos objetivos ecológicos en relación con el manejo del pastoreo, es poco probable que cualquier técnica de pastoreo rotacional sea algo más que una prueba de “acierto o error”. Un agrostólogo debe estar en capacidad de predecir las respuestas de las especies promisorias frente a diversos sistemas de manejo, a fin de que el manejo del pastoreo, y de las praderas en general, pueda llegar a convertirse tanto en una ciencia como en un arte.

Interacciones

En las secciones anteriores se han discutido, por separado, los efectos del clima, del suelo, y del manejo del pastoreo en el germoplasma forrajero tropical. Este es el enfoque generalmente adoptado por los fisiólogos, los fitonutricionistas, y los edafólogos para estudiar las variables que influyen en la producción de las plantas.

Es difícil modificar una sola variable en las praderas. A menudo, más de dos variables cambiarán a un mismo tiempo. Por ejemplo, si tomamos la variable “duración del día en el otoño”, disminuirán simultáneamente otras como la radiación solar, la temperatura, y la humedad del suelo; se reducirá, a su vez, la absorción de nutrimentos de la superficie del suelo. En el verano, la alta tasa potencial de crecimiento de la gramínea puede ser limitada por la baja humedad del suelo y por el bajo nivel de nitrógeno disponible. La complejidad de las interacciones puede intensificarse debido a la competencia de otras especies, al régimen de fertilización, y al animal en pastoreo que consume selectivamente el tejido fotosintético de uno de los componentes de la pradera. Esta situación podría convertirse en una pesadilla para un científico que esté tratando de estudiar una sola variable en condiciones de campo.

Para el agrónomo, en cambio, la especie que se está evaluando integra factores bióticos y climáticos fluctuantes. El está interesado en comparar las diferentes respuestas de algunas especies, aunque no conoce a fondo las razones que explican esas diferencias. Su preocupación se centra, a menudo, en la interacción entre los genotipos en estudio y las muchas variables —clima, suelo, y manejo del pastoreo— a las que aquéllos han estado expuestos. La evidencia disponible a la fecha señala que, como resultado de esas interacciones planificadas y sin planificar, se ha identificado un valioso germoplasma de nuevas especies forrajeras tropicales y se han observado interesantes diferencias fisiológicas entre especies y dentro de las mismas especies. Estos estudios han dado origen, además, a otras investigaciones que han conducido a nuevos enfoques para la selección de germoplasma de especies tropicales. Esta conferencia debería promover la interacción, a diferentes niveles, entre los científicos a fin de lograr mayor eficiencia en la identificación de fuentes de variación en las especies forrajeras, resultado que, a su vez, conduciría al desarrollo de cultivares forrajeros que contribuyan a una mayor producción de proteínas en los trópicos.

Referencias

- Anderson, E.R. 1974a. The reaction of seven *Cenchrus ciliaris* L. cultivars to flooding. *Tropical Grasslands* 8:33-40.
- . 1974b. Emergence of six tropical grasses from seed after flooding. *Queensl. J. Agric. and Anim. Sci.* 31:119-123.
- Andrew, C.S.; Johnson, A.D.; y Sandland, R.L. 1973. Effect of aluminum on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. *Aust. J. Agric. Res.* 24:325-339.

- y Johansen, C. 1978. Differences between pasture species in their requirements for nitrogen and phosphorus. En: Wilson, J.R. (ed.). Plant relations in pastures. CSIRO, Melbourne, Aust. p. 111-127.
- y Kamprath, E.J. (eds.). 1978. Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. CSIRO Melbourne, Aust. p. 415.
- Beltranena, R.; Breman, J.; y Prine, G.M. 1981. Yield and quality of Florigraze rhizoma peanut (*Arachis glabrata* Benth.) as affected by cutting height and frequency. Soil Crop Sci. Soc. Proc. 40:153-156.
- Blunt, C.G. y Jones, R.J. 1980. The use of leaf development rate to determine time to irrigate pangola grass. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 20:556-560.
- Bown, G.D. 1959. Field studies of nodulation and growth of *Centrosema pubescens* Benth. Queensl. J. Agric. Sci. 16:253-265.
- Brolmann, J.B. 1978. Flood tolerance in *Stylosanthes*, a tropical legume. Soil and Crop Sci. Soc. of Florida. 37:37-39.
- . 1980. Evaluation of various *Stylosanthes* accessions in South Florida. Soil and Crop Sci. Soc. of Florida 39:102-104.
- Bryan, W.W. 1961. *Lotononis bainesii* Baker, a legume for subtropical pastures. Aust. J. Exp. Agric. and Anim. Husb. 1:4-10.
- Burt, R.L. y Miller, C.P. 1975. *Stylosanthes*, a source of pasture legumes. Trop. Grasslands 9:117-123.
- ; Williams, W.T., y Grof, B. 1980. *Stylosanthes*, structure, adaptation, and utilization. En: Summerfield, R.J. y Bunting, A.H. (eds.). Advances in legume science. vol. 1. Proceedings. International Legume Conference, Kew, August 1978. Royal Botanic Gardens, Kew. p. 667.
- Clements, R.J., y Ludlow, M.M. 1977. Frost avoidance and frost resistance in *Centrosema virginianum*. J. Appl. Ecol. 14:551-566.
- y Williams, R.J. 1980. Genetic diversity in *Centrosema*. En: Summerfield, R.J. y Bunting, A.H. (eds.). Advances in legume science. vol. 1. Proceedings. International Legume Conference, Kew, August 1978. p. 559-567.
- Coaldrake, J.E. 1964. The sub-tropical environment of eastern Australia; (a) Climate. En: Some concepts and methods in sub-tropical pasture research. CAB Bulletin 47. CAB, Farnham Royal, England. p. 17-26.
- Dobereiner, J. y Day, J.M. 1976. Associative symbioses in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. En: Newton, W.E. y Nyman, C.J. (eds.). Int. Symp. on Nitrogen Fixation, 10., Pullman, Washington, 1974. Proceedings. vol. 2. Washington State University Press. p. 518-538.
- Edye, L.A. 1967. Yield comparisons of thirty-eight introductions of *Glycine javanica* in swards in three environments. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 7:342-350.
- Egara, K. y Jones, R.J. 1977. Effect of shading on the seedling growth of the leguminous shrub *Leucaena leucocephala*. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17:976-981.
- Eriksen, F.I. y Whitney, A.S. 1981. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. I. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. Agron. J. 73:427-433.
- y Whitney, A.S. 1982. Growth and N fixation of some tropical forage legumes as influenced by solar radiation regimes. Agron. J. (en impresión).
- Fenster, W.E. y León, L.A. 1979. Management of phosphorus fertilization in establishing and maintaining improved pastures on acid infertile soils of tropical America. En: Sánchez, P.A. y Tergas, L.E. (eds.). Pasture production in acid soils of the tropics. Memorias de un Seminario, Cali, Colombia, abril 1978. CIAT, Cali, Colombia. p. 109-122.
- Fisher, M.J. 1980. Grass-legume relations on sedentary clay soils. En CSIRO Aust. Trop. Crops and Pastures Div. Report 1978-1979. p. 72.

- Fox, R.L. y Kang, B.T. 1977. Some major fertility problems of tropical soils. En: Vincent, J.M., Whitney, A.S. y Bose, J. (eds.). Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture. Misc. Bull. no. 145. Univ. of Hawaii, College of Tropical Agriculture. p. 183-210.
- Gardener, C.J. 1980. Diet selection and liveweight performance of steers on *Stylosanthes hamata*-native grass pastures. Aust. J. Agric. Res. 31:379-91.
- Gillard, P. y Fisher, M.J. 1978. The ecology of Townsville stylo-based pastures in Northern Australia. En: Wilson, J.R. (ed.). Plant relations in pastures; symposium held in Brisbane, 1976. Memorias. CSIRO, Melbourne, Aust. p. 340-352.
- Harris, W. 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. En: Wilson, J.R. (ed.). Plant relations in pastures; symposium held in Brisbane, 1976. Memorias. CSIRO, Melbourne, Aust. p. 67-85.
- Herridge, D.F. y Roughley, R.J. 1976. Influence of temperature and Rhizobium strain on nodulation and growth of two tropical legumes. Trop. Grasslands 10:21-23.
- Hill, G.D. 1967. A requirement for chilling to induce flowering in *Dolichos lablab* cv. Rongai. P. & N.G. Agric. J. 19:16-17.
- Hopkinson, J.M. y Reid, R. 1979. Significance of climate in tropical pasture/legume seed production. En: Sánchez, P.A. y Tergas, L.E. (eds.). Pasture production in acid soils of the tropics. Memorias de un Seminario. Cali, Colombia, abril 1978. CIAT, Cali, Colombia. p. 343-360.
- Humphreys, L.R. y Jones, R.J. 1975. The value of ecological studies in establishment and management of sown tropical pastures. Trop. Grasslands 9:125-131.
- . 1980. Deficiencies of adaptation of pasture legumes. Trop. Grasslands 14:(3)153-158.
- Imrie, B.C. 1973. Variation in *Desmodium intortum*: a preliminary study. Trop. Grasslands 7:305-311.
- Isbell, R.F. 1978. Soils of the tropics and subtropics: Genesis and characteristics. En: Andrew, C.S. y Kamprath, E.J. (eds.). Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. CSIRO, Australia.
- Ivory, D.A. y Whiteman, P.C. 1978. Effect of temperature on growth of five subtropical grasses. II. Effect of low night temperature. Aust. J. Plant Physiol. 5:149-157.
- Jehne, W. 1980. Endomycorrhizas and the productivity of tropical pastures: The potential for improvement and its practical realization. Trop. Grasslands 14(3):202-209.
- Jones, R.J. 1967. Effects of close cutting and nitrogen fertilizer on growth of a Siratro (*Phaseolus atropurpureus*) pasture at Samford, south-eastern Queensland. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 7:157-161.
- . 1971. Tropical legumes; their growth and response to management variables in a sub-tropical environment. Univ. New England, N.S.W. Australia. Thesis.
- . 1974. The effect of cutting management on the yield, chemical composition and in vitro digestibility of *Trifolium semipilosum* grown with *Paspalum dilatatum* in a sub-tropical environment. Trop. Grassland 7:277-284.
- . 1977. Yield potential for tropical pasture legumes. En: Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture. Vincent, J.M., Whitney, A.S. y Bose, J. (eds.). Misc. Bull. no. 145. Univ. of Hawaii, College of Tropical Agriculture. p. 39-65.
- ; Davies, J.G. y Waite, R.B. 1967. The contribution of some tropical legumes to pasture yields of dry matter and nitrogen at Samford, south-eastern Queensland. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 7:57-65.
- ; Davies, J.G.; Waite, R.B.; y Fergus, I.F. 1968. The production and persistence of grazed irrigated pasture mixtures in south-eastern Queensland. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 8:177-189.
- y Jones, R.M. 1978. The ecology of Siratro-based pastures. En: Wilson, J.R. (ed.). Plant relations in pastures. CSIRO, Melbourne. p. 353-67.

- y —— . 1982. Observations on the persistence and potential for beef production of pastures based on *Trifolium semipilosum* and *Leucaena leucocephala* in subtropical coastal Queensland. *Trop. Grasslands* 16(1):24-29.
- Jones, R.M. 1969. Mortality of some tropical grasses and legumes following frosting in the first winter after sowing. *Trop. Grasslands* 3:57-63.
- Jong, S.K.; Brewbaker, J.L.; y Lee, C.H. 1982. Effects of solar radiation on the performance of maize in 41 successive monthly plantings in Hawaii. *Crop Sci.* 22:13-18.
- Kitamura, Y.; Whitney, A.S.; y Guevara, A.B. 1981. Legume growth and nitrogen fixation as affected by plant competition for light and for soil nitrogen. *Agron. J.* 73:395-398.
- Loch, D.S. 1980. Selection of environment and cropping system for tropical grass seed production. *Trop. Grasslands* 14:159-168.
- Ludlow, M.M. 1978. Light relations of pasture plants. En: Wilson, J.R. (ed.). *Plant relations in pastures*. CSIRO, Melbourne, Aust. p. 35-49.
- . 1980. Stress physiology of tropical pasture plants. En: Australian Conference on Tropical Pastures, 2a., Brisbane. *Memorias*.
- y Wilson, G.L. 1970. Growth of some tropical grasses and legumes at two temperatures. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 35:43-45.
- Mosse, B. 1977. The role of mycorrhiza in legume nutrition on marginal soils. En: Vincent, J.M., Whitney, A.S., y Bose, J. (eds.). *Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture*. Misc. Bull. no. 145. Univ. of Hawaii, College of Tropical Agriculture. p. 275-292.
- Murtagh, G.J. 1978. Effect of evaporative demand on the growth of well watered kikuyu. *Agric. Met.* 19:379-389.
- 't Mannetje, L. 1980. Studies on buffel grass pastures. CSIRO, Aust. *Tropical Crops and Pastures Divisional Report 1979-80*. p. 106-109.
- y van Bennekom, K.H.L. 1974. Effect of time of sowing on flowering and growth of townsville stylo (*Stylosanthes humilis*). *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 14:182-185.
- y Pritchard, A.J. 1974. The effect of daylength and temperature on introduced legumes and grasses for the tropics and sub-tropics of coastal Australia. I. Dry matter production, tillering and leaf area. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 14:173-181.
- ; Jones, R.J.; y Stobbs, T.H. 1976. Pasture evaluation by grazing experiments. En: Shaw, N.H. y Bryan, W.W. (eds.). *Tropical pasture research: principles and methods*. Bull. no. 51. Commonw. Bur. Past. Fld. Crops. p. 194-234.
- Munns, D.N. 1977. Soil acidity and related factors. En: Vincent, J.M.; Whitney, A.S., y Bose, J. (eds.). *Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture*. Misc. Bull. no. 145. Univ. of Hawaii, College of Tropical Agriculture. p. 211-236.
- McCown, R.L. 1973. An evaluation of the influence of available soil water storage capacity on growing season length and yield of tropical pastures using simple water balance models. *Agric. Met.* 11:53-63.
- ; Gillard, P.; y Edey, L.A. 1974. The annual variation in yield of pastures in the seasonally dry tropics of Queensland. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 14:328-333.
- ; Murtha, G.G.; y Smith, G.D. 1976. Assessment of available water storage capacity of soils with restricted subsoil permeability. *Water Resources Research* 12:1255-1259.
- McIvor, J.G. 1976. The effect of waterlogging on the growth of *Stylosanthes guyanensis*. *Trop. Grasslands* 10:173-178.
- McWilliam, J.R. 1978. Response of pasture plants to temperature. En: Wilson, J.R. (ed.). *Plant relations in pastures*. CSIRO, Melbourne, Aust. p. 17-34.

- Norris, D.O. 1973. Seed pelleting to improve nodulation of tropical and subtropical legumes. V. The contrasting response to lime pelleting of two Rhizobium strains on *Leucaena leucocephala*. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 13:98-101.
- Parberry, D.B. 1967. Pasture and fodder crop plant introductions at Kimberley research station, W.A. 1963-1964. Part I. Perennial legumes. Mem. 67. CSIRO Div. Land Res. Tech.
- Partridge, I.J. 1979. Improvement of Nadi blue grass (*Dichanthium caricosum*) pastures on hill land in Fiji with superphosphate and Siratro: Effects of stocking rate on beef production and botanical composition. Trop. Grasslands. 13(3):157-164.
- Roberts, C.R. 1980. Effect of stocking rate on tropical pastures. Trop. Grasslands. 14:225-231.
- Robson, A.D., y Loneragan, J.F. 1978. Responses of pasture plants to soil chemical factors other than nitrogen and phosphorus, with particular emphasis on the legume symbiosis. En: Wilson, J.R. (ed.). Plant relations in pastures. CSIRO, Melbourne, Aust. p. 128-142.
- Rovira, A.D. 1978. Microbiology of pasture soils and some effects of micro-organisms on pasture plants. En: Wilson, J.R. (ed.). Plant relations in pastures. CSIRO, Melbourne, Aust. p. 95-110.
- Roussel, J.S. 1978. Residual value of fertilizers. En: Andrew, C.S. y Kamprath, E.J. (eds.). Mineral nutrition of legumes in tropical and sub-tropical soils. Workshop held at Brisbane, Australia. Memorias. CSIRO, Melbourne, Aust. p. 415.
- Sánchez, P.A. y Tergas, L.E. (eds.). 1979. Pasture production in acid soils of the tropics. Memorias de un Seminario. Cali, Colombia, abril 1978. CIAT, Cali, Colombia. p. 488.
- e Isbell, R.F. 1979. A comparison of the soils of tropical Latin America and tropical Australia. En: Sánchez, P.A. y Tergas, L.E. (eds.). Pasture production in acid soils of the tropics. Memorias de un Seminario. Cali, Colombia, abril 1978. CIAT, Cali, Colombia. p. 25-53.
- Schoonover, H.C. y Humphreys, L.R. 1974. Seed production of *Stylosanthes humilis* as influenced by origin and temperature during flowering. Crop Sci. 14:468-471.
- Sillar, D.I. 1967. Effect of shade on growth of Townsville lucerne (*Stylosanthes humilis* H.B.K.). Queensland J. of Agric. Anim. Sci. 24:237.
- Skerman, R.H. y Humphreys, L.R. 1973. Effect of temperature during flowering on seed formation of *Stylosanthes humilis*. Aust. J. Agric. Res. 24:317-324.
- Smith, F.W. 1979. Tolerance of seven tropical pasture grasses to excess manganese. Comm. Soil Sci. and Plant Anal. 10:853-868.
- Stobbs, T.H. 1969. The effect of grazing management upon pasture productivity in Uganda. I. Stocking rate. Trop. Agric. (Trinidad) 46:187-194.
- . 1977. Seasonal changes in the preference by cattle for *Macropitilium atropurpureum* cv. Siratro. Trop. Grasslands. 11:87-91.
- Summerfield, R.J. y Wien, H.C. 1980. Effects of photoperiod and air temperature on growth and yield of economic legumes. En: Summerfield, R.J. y Bunting, A.H. (eds.). Advances in legume science. vol. 1. Proceedings of the International Legume Conference, Kew, agosto 1978. p. 17-36.
- Sweeney, F.C. y Hopkinson, J.M. 1975. Vegetative growth of nineteen tropical and sub-tropical pasture grasses and legumes in relation to temperature. Trop. Grasslands 9:209-217.
- Turner, N.C. y Begg, J.E. 1978. Responses of pasture plants to water deficits. En: Wilson, J.R. (ed.). Plant relations in pastures. CSIRO, Melbourne, Aust. p. 50-66.
- Vincent, J.M.; Whitney, A.S.; y Bose, J. (eds.). 1977. Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture. Misc. Bull. no. 145. Proceedings of a workshop held at Kahului, Maui, Hawaii, August 1976. College of Tropical Agriculture, Univ. of Hawaii. p. 469.
- Whiteman, P.C. 1968. The effects of temperature on the vegetative growth of six tropical legume pastures. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 8:528-532.

- y Lulham, A. 1970. Seasonal changes in growth and nodulation of perennial tropical pasture legumes in the field. I. The influence of planting date and grazing and cutting on *Desmodium uncinatum* and *Phaseolus atropurpureus*. Aust. J. Agric. Res. 21:195-206.
- ; Bohórquez, M.; y Ranacou, E.N. 1974. Biological and physiological aspects of the intensification of grassland utilization. En: International Grassland Congress, 12o., Moscú, U.R.S.S. p. 402.
- Weier, K.L. 1980. Nitrogen fixation associated with grasses. Trop. Grasslands. 14(3):194-201.
- Wong, C.C. y Wilson, J.R. 1980. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and Siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. Aust. J. Agric. Res. 31:269-285.

La relación entre la estructura de las praderas y la utilización de plantas forrajeras tropicales

John Hodgson*

Resumen

Las variaciones en la estructura de la cubierta vegetal de las praderas pueden ejercer una influencia importante en el comportamiento ingestivo de los animales en pastoreo y por ende, en el consumo y utilización del forraje. Las principales características estructurales de las praderas tropicales parecen ser la densidad total del forraje—o densidad del volumen de hojas—y la relación hoja:tallo, pero es necesario examinar más detenidamente las asociaciones entre las variables de las praderas y las respuestas de los animales, para poder seleccionar el germoplasma con base en las características estructurales de la pradera. Los factores que contribuyen a aumentar el consumo de forraje mejorarán normalmente la eficiencia de utilización de éste. No obstante, en algunas circunstancias pueden inhibir el pastoreo selectivo o contribuir a aumentar las pérdidas de forraje.

La identificación de las variables estructurales importantes requiere una descripción detallada de las características de las praderas y de las respuestas del animal. Identificadas unas y otras, se debe dar comienzo a la selección inicial del germoplasma con base en estas variables y dentro de las limitaciones de los recursos existentes; sin embargo, la selección basada en el consumo y utilización del forraje debe efectuarse en condiciones de pastoreo, particularmente si se van a evaluar praderas de gramíneas y leguminosas asociadas.

* Jefe, Depto. de Ecología del Pastoreo, HFR0, Escocia, Reino Unido.

El posible uso que se le dará al material forrajero que se está estudiando tendrá una influencia decisiva en el equilibrio aceptable entre gramíneas y leguminosas, o entre el consumo y las reservas de forraje para épocas críticas del año.

Introducción

Los niveles de producción de los animales en pastoreo en las regiones tropicales son, a menudo, bajos como consecuencia del consumo limitado de forrajes de poco valor nutritivo (Stobbs, 1975b; Paladines, 1981). Las deficiencias en el valor nutritivo son una consecuencia de las amplias fluctuaciones estacionales en el crecimiento de la planta, que llevan a variaciones estacionales extremas en la masa herbácea total y en su composición botánica y morfológica (Figura 1). El bajo valor nutritivo contribuye directamente a una reducción en el consumo de forrajes (Mínson, 1981), pero las características estructurales de las praderas tropicales también han sido consideradas como factores que contribuyen a acentuar ese problema (Stobbs, 1975b; Dirven, 1977).

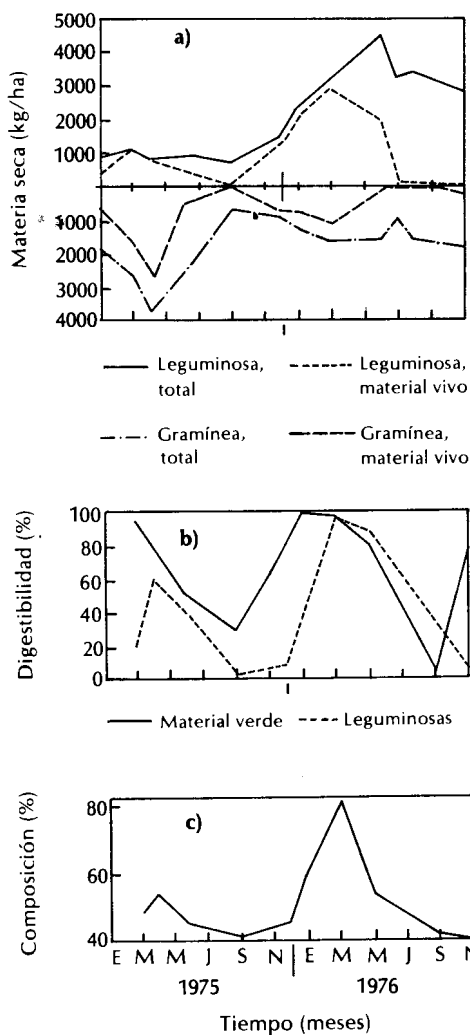


Figura 1. a) Variación estacional de las pasturas de *Stylosanthes hamata* con gramínea nativa en su masa herbácea y su composición botánica. Variación estacional en b) la composición botánica, y en c) la digestibilidad in vitro, de la dieta seleccionada por el ganado vacuno en esa pastura.

FUENTE: Gardener, C.J. 1980.

Las restricciones en el consumo de especies forrajeras en la pradera han sido asociadas con niveles bajos de ingestión por bocado, los que a su vez están ligados a otros limitantes como la altura del forraje disponible, la densidad total del forraje o la densidad foliar, y la relación **hoja:tallo** o la relación **materia viva:materia muerta**. La sugerencia de que los esfuerzos en la selección de plantas y en el manejo de praderas deberían dirigirse al mejoramiento de esos parámetros ha sido ampliamente aceptada (Stobbs y Hutton, 1974; Stobbs, 1975b).

Estos conceptos son importantes y han tenido un impacto considerable en la determinación de las características deseables de las especies forrajeras que se emplearán en las praderas; constituyen además el fundamento de este trabajo. Sin embargo, antes de considerar el efecto ejercido por la estructura de la capa vegetal de la pradera en el consumo y en la eficiencia de utilización de las especies forrajeras, es importante aclarar ciertos aspectos referentes a los componentes del comportamiento ingestivo, y a las respuestas dadas por estos componentes a las variaciones en la estructura de la pradera.

Comportamiento ingestivo

La mayor parte de la evidencia experimental sobre las relaciones entre la estructura de la pradera y el comportamiento ingestivo del animal demuestran que existe una asociación entre ambos; con todo, las causas que explican esa asociación son mucho más difíciles de demostrar. Esto no representa, necesariamente, una preocupación seria, pero donde las asociaciones sean complejas—como tienden a serlo en esta área de la investigación (Chacón et al., 1978)—se debe tener especial cuidado al llegar a conclusiones que puedan aplicarse a programas generales de selección de germoplasma. Esta recomendación es particularmente cierta donde se puedan identificar diferentes patrones de asociación, según las circunstancias (Chacón y Stobbs, 1976; Chacón et al., 1978). Por tanto, si el tópico es suficientemente importante, merece un examen más detallado a fin de identificar:

- a) Los elementos causales
- b) Los rangos críticos de influencia para los parámetros en cuestión.

Se acepta generalmente que el tamaño del bocado (TB) es la variable del comportamiento que influye de manera dominante en el consumo diario de forraje (Figura 2), y que el número de bocados por unidad de tiempo (NB) y el tiempo de pastoreo (TP) juegan un papel secundario (Stobbs, 1975b), aunque éste no es invariablemente el caso (Hodgson y Jamieson, 1981). Por consiguiente, insistir únicamente en el TB podría ser peligroso en ciertas circunstancias; la determinación de la tasa de ingestión a corto plazo (TB x NB) puede dar una medida más aproximada del impacto de la estructura de la pradera en el animal. Además, aunque es posible considerar los cambios en el TP como un intento por parte del animal para compensar el efecto que las condiciones de la pradera ejercen en el TB, es muy probable que el NB sea afectado directamente por las variables de la pradera (Hodgson, 1982a). Esta interpretación requiere definir cuidadosamente qué es un bocado. Un “bocado” puede definirse como el acto de arrancar una cantidad tal de pasto que llene la boca del animal, ignorando los

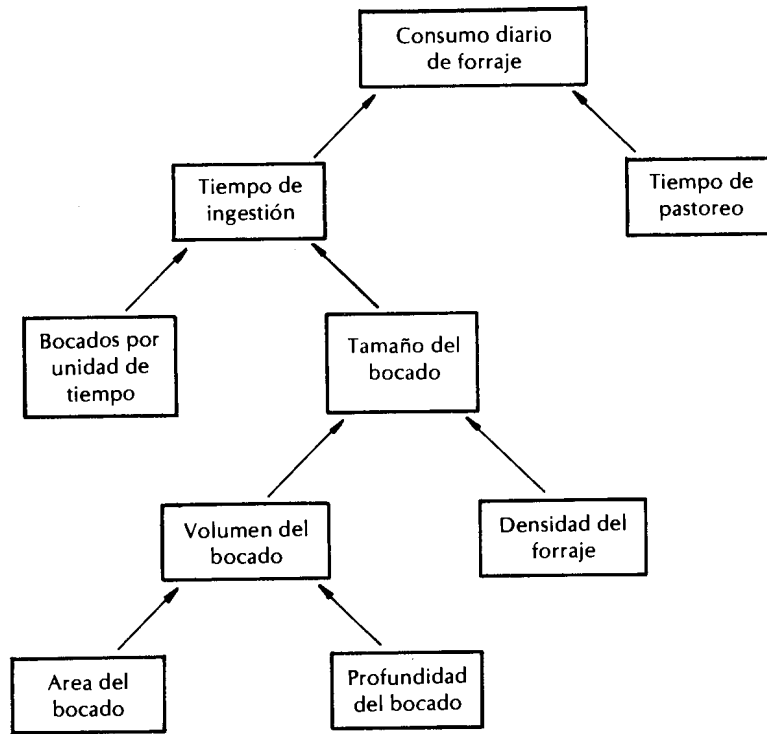


Figura 2. Componentes del comportamiento ingestivo del animal.

movimientos de la quijada asociados inicialmente con la colocación del pasto en la boca y, después, con la manipulación del pasto dentro de ella antes de tragarlo (Hodgson, 1982b). En este caso, la relación entre las acciones mecánicas asociadas con el bocado, es decir, aquéllas que implican el movimiento de morder de la mandíbula, aumenta con el incremento en la altura de la pradera (Chambers et al., 1981) tanto en el ganado vacuno como en el ovino. Por otra parte, si todos los movimientos mecánicos y de “arrancar” de la mandíbula se definen como bocado, entonces el efecto de la estructura de la pradera en el NB quedará definido con menor claridad. Es preciso llegar a un acuerdo sobre la definición de esta variable en particular.

A pesar de lo conveniente que resulta el concepto anterior sobre el comportamiento ingestivo, es necesario ser precavido al tomar determinadas posiciones sobre los limitantes teóricos de este comportamiento. Por ejemplo, el concepto de Stobbs acerca del “tamaño crítico del bocado” (Stobbs, 1973a) puede ser mal interpretado y, en términos generales, el consumo diario tenderá a aumentar progresivamente al incrementarse el TB (Hodgson, 1982a). Además, aunque el tiempo máximo de pastoreo parece ser de 14 horas por día, no se conoce con claridad el límite máximo diario del NB en pastoreo (Stobbs, 1975b; Arnold, 1981).

Estructura de la pradera y consumo de forraje

Tamaño del bocado

Stobbs (1975b) identificó la densidad total baja del forraje —o baja densidad foliar— y una relación hoja:tallo como los principales limitantes del TB y del consumo diario de forraje por los animales en pastoreo en praderas tropicales. Desde el punto de vista simplemente mecánico, el TB es el producto del volumen del bocado por la densidad del forraje que ocupa dicho volumen (Figura 2). Esta expresión aporta una base para interpretar racionalmente el efecto de la densidad en el TB, permaneciendo los otros factores constantes. Este es un concepto razonable cuando se trata de praderas de relativamente poca altura y con buena cantidad de hojas —donde la posibilidad de selección es muy poca— pero es menos válido en praderas altas o donde la selección es importante.

En el primer caso, el volumen del bocado puede ser considerado como el producto del área por la profundidad del bocado (Figura 2). El trabajo de Barthram (1981) muestra que, por lo menos en las praderas de clima templado, la profundidad del horizonte que se está pastoreando—y por consiguiente, la profundidad del bocado— están directamente relacionadas con la altura de la cubierta vegetal y están limitadas por la profundidad del estrato que contiene, principalmente, tejido foliar (Hodgson, 1982a). En estas circunstancias, el TB y el NB por unidad de tiempo están estrechamente relacionados con la altura de la pradera dentro de un rango de 4 a 40 cm y, aparentemente, son bastante independientes de la densidad foliar (Hodgson, 1982a). Esta relación es válida tanto dentro de praderas de *Lolium perenne* como entre ellas (Hodgson, 1981a) e igual cosa puede decirse de los pastos nativos (Forbes, 1982); sin embargo, la influencia de la altura de la pradera en el TB es menos evidente cuando se comparan praderas tropicales, donde los componentes de la densidad total del forraje y de la densidad foliar adquieren gran importancia (Stobbs, 1973a; Ludlow et al., 1982). Se espera, por lo regular, que las variaciones en la densidad del forraje afecten directamente el TB, y el hecho de que no se haya observado efecto alguno semejante en los estudios sobre praderas de clima templado puede muy bien ser el resultado del efecto dominante de los cambios relacionados con la altura de la pradera. La influencia de la densidad per se sobre el TB puede depender del rango de los valores examinados (Figura 3), pero hay poca evidencia que permita llegar a una conclusión general sobre esta relación.

Los diferentes patrones de respuesta de la cantidad ingerida por bocado (TB)—determinada por las variaciones en la altura y por la densidad de las especies forrajeras en las regiones tropicales y templadas—han sido atribuidos a la mayor altura y menor densidad de las praderas tropicales (Stobbs, 1975b; t Mannelte y Ebersohn, 1980). Sin embargo, los rangos de valores reales de la altura y densidad de los forrajes observados en las praderas tropicales y templadas en que se midió el TB, aparentemente no respaldan esta conclusión (Cuadro 1) y podría ser necesario buscar otras explicaciones. Una posible explicación es el vigor y tamaño mayores, por unidad de superficie, de las hojas y tallos de los pastos tropicales en comparación con los de clima templado (Dirven, 1977).

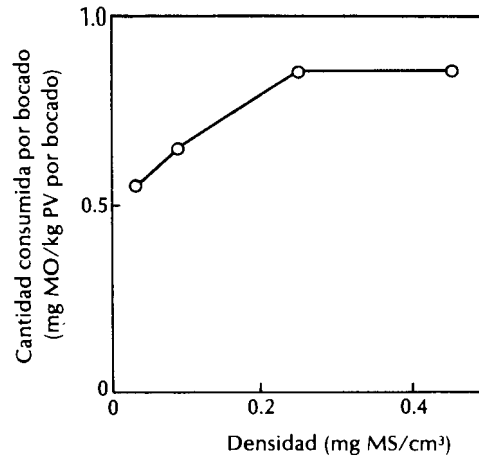


Figura 3. Relación entre la densidad total del pasto y la cantidad consumida por bocado. MO = materia orgánica. FUENTE: Stobbs, T.H., 1975b.

Cuadro 1. Valores medios y variación de las características físicas de praderas tropicales y templadas, y del consumo por bocado del ganado vacuno en pastoreo.

Características	Praderas tropicales ^a (n = 31)	Praderas templadas	
		Sembradas ^b (n = 32)	Nativas ^c (n = 12)
Masa herbácea (t MS/ha)			
Total	4.1 (2.12) ^d	4.0 (1.92)	6.4 (4.70)
Hojas verdes	2.0 (1.15)	1.5 (0.60)	1.2 (0.49)
Proporción de hojas verdes	0.5 (0.19)	0.5 (0.19)	0.2 (0.12)
Altura sobre la superficie	39 (28)	34 (21)	26 (12)
Densidad, en promedio (mg/cm³)			
Total	1.2 (0.79)	1.3 (0.36)	3.0 (2.20)
Hojas verdes	0.5 (0.27)	0.6 (0.30)	0.5 (0.24)
Densidad superficial (mg/cm³)			
Total	0.2 (0.20)	0.3 (0.19)	—
Hojas verdes	0.08 (0.07)	0.15 (0.07)	—
Cantidad ingerida por bocado, TB (g MO/kg de peso vivo)	1.0 (0.73)	2.0 (0.98)	0.7 (0.22)

a. Stobbs, 1973a,b; 1975a; Chacón y Stobbs, 1976; Hendricksen y Minson, 1980; Ludlow et al., 1982.

b. Combellas, 1977; Jaimeson y Hodgson, 1979; Hodgson y Jamieson, 1981; Forbes, 1982.

c. Forbes, 1982.

d. Las cifras entre paréntesis son la desviación estándar.

Area y volumen del bocado

Las características de las praderas que afectan el área del bocado no han sido investigadas en modo alguno. Es muy probable que tanto el área como el volumen del bocado estén directamente relacionados con las dimensiones de la boca según la especie animal, y que las variaciones entre las distintas especies, en cuanto al uso de los labios y la lengua para acumular cierta cantidad de pasto antes de arrancar el bocado, influirán en ambas variables.

Cuando hay oportunidad de seleccionar, los animales tienden a arrancar hojas individuales o grupos de hojas, y a introducirlas en la boca para masticarlas. Los conceptos de área del bocado y de densidad del forraje tienen probablemente, menos significado en estas circunstancias que las dimensiones de las hojas y la facilidad con que las hojas individuales—o los grupos de hojas—pueden sujetarse con el fin de arrancarlas y manejarlas para tragarlas. Las variables de las praderas que afectan estas características son complejas, particularmente cuando están ligadas a factores que influyen en la selección entre las hojas y los tallos o entre el material vivo y el muerto.

Selectividad del animal

Es obvio que la estructura de la capa vegetal puede influir directamente en el consumo, porque afecta la facilidad o dificultad con que el pasto puede ser ingerido, incluso cuando la selección entre los distintos componentes de la pradera es inexistente o insignificante. Donde la selección es un factor importante hay un efecto adicional, porque la ubicación de los componentes preferidos afecta la facilidad de selección y por ende, tanto la composición de la dieta como la tasa de ingestión.

El mayor o menor nivel de selección observado entre las hojas y los tallos en una pradera asociada de gramíneas y leguminosas dependerá, por una parte, de la preferencia relativa por los distintos componentes de la pradera, y por otra, de la distribución de dichos componentes y del grado en que están entremezclados en la cubierta vegetal. No es necesario hacer énfasis en que la diversidad en preferencia, observada en el animal, entre leguminosas o gramíneas tropicales y entre hojas o tallos de ambos componentes de la asociación (Stobbs, 1977; Gardener, 1980; Hendricksen y Minson, 1980) parece mayor en las gramíneas tropicales que en las de clima templado; no se ha esclarecido, sin embargo, hasta qué punto este hecho refleja diferencias en el estado de madurez de aquellos componentes, o más bien diferencias entre los componentes cuando se hallan en un mismo estado de madurez.

Se ha sugerido que el mayor consumo de tallos de gramíneas propias de las zonas templadas puede deberse, en parte, a la lignificación más rápida y completa del tallo de las gramíneas tropicales (Minson, 1981) y, en parte, al mayor vigor del tallo de éstas, que soporta una población de macollas más baja pero con un peso mucho mayor de las macollas (Dirven, 1977). Sea cual fuere la razón, los contrastes tan marcados que han sido observados en la preferencia de los animales sugieren que, donde el desarrollo del tallo es inevitable, puede ser conveniente una estructura de plantas que permita al animal efectuar fácilmente la selección de las hojas.

El proceso de selección conducirá a una mayor concentración de los nutrimentos en el pasto consumido. También es probable, si las demás variables se mantienen constantes, que se reduzca tanto el TB como el NB y el efecto definitivo sobre la ingestión de nutrimentos dependerá del equilibrio entre aquellos efectos. No hay un indicio claro sobre la forma como las condiciones de la pradera podrían influir en este equilibrio. Hay evidencia de que las estrategias de pastoreo adoptadas por las diferentes especies de animales pueden conducir al mantenimiento ya sea de la concentración de nutrimentos o de la tasa de ingestión (Jarman y Sinclair, 1980; Forbes, 1982). Sería útil saber un poco más sobre la variación de estas características entre las distintas especies de animales.

Hasta el momento, la atención se ha concentrado primordialmente en el pastoreo en praderas de una sola gramínea y en la selección entre los componentes morfológicos de una sola especie de gramínea. La discusión de los factores que influyen en la selección—en el caso de comunidades de varias gramíneas o de asociaciones de gramíneas y leguminosas—introduce un conjunto adicional de consideraciones que son difíciles de cuantificar porque se conoce muy poco, excepto en términos generales, sobre los factores que influyen en la palatabilidad de los pastos. Es vasto el campo abierto tanto a la investigación sobre estos factores como a la oportunidad para manipularlos, ya sea por medios genéticos o bioquímicos. Sin embargo, aunque se han obtenido éxitos notables (Martin et al., 1973), el progreso probablemente será muy lento debido a la complejidad del tópico (Arnold, 1981). Las marcadas fluctuaciones estacionales en la preferencia entre leguminosas y gramíneas tropicales asociadas son particularmente interesantes (Stobbs, 1977; Gardener, 1980) y, aunque se reconoce la importancia de los mecanismos protectores de las leguminosas de estas mezclas, indudablemente se requiere una mejor comprensión de los factores involucrados.

Estratos de la cubierta vegetal

Stobbs (1975b) resaltó la necesidad de concentrarse en las condiciones del horizonte superficial de la pradera, el más fácilmente accesible al animal en pastoreo, en lugar de insistir en las condiciones, en promedio, de la pradera como un todo. El mismo demostró los marcados cambios en la densidad y en la composición morfológica, desde la parte superior hasta la parte inferior de la cubierta vegetal, e hizo énfasis en la importancia de los cambios relacionados con el valor nutritivo de los diferentes horizontes (Figura 4). Este es un punto de vista muy razonable, por cuanto las densidades de follaje en los estratos superficiales de la pradera pueden ser verdaderamente bajas (Stobbs, 1975b). Sin embargo, esto es cierto únicamente cuando los animales concentran su actividad de pastoreo muy cerca de la superficie de la pradera, y es poco probable excepto cuando la pradera tiene un horizonte foliar denso. Con el objeto de comprender adecuadamente las respuestas de los animales, es necesario describir en detalle la estructura del perfil de toda la pradera, incluyendo información no sólo sobre la distribución vertical del forraje y sus componentes morfológicos, sino también sobre las dimensiones, la alineación, y la asociación de las hojas y tallos individuales. Es poco probable que existan las técnicas apropiadas para que esta descripción sea posible en la mayoría de las circunstancias, y es mucho lo que falta por hacer para desarrollar técnicas mejoradas de descripción de praderas.

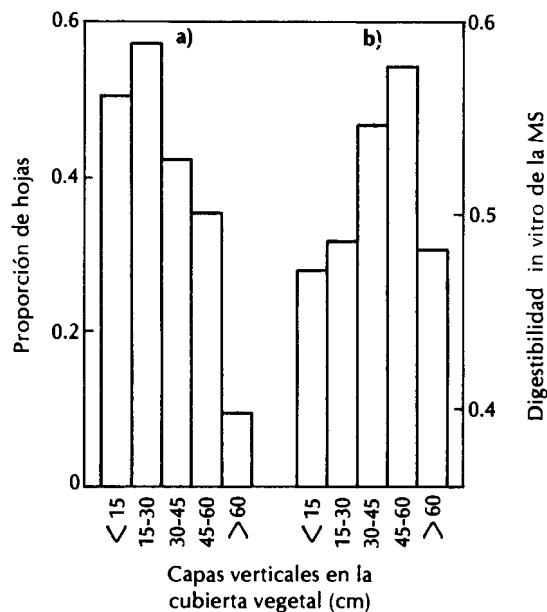


Figura 4. Variación en a) la proporción de hojas, y b) en la digestibilidad in vitro, a diferentes alturas dentro de la cubierta vegetal en una pradera de **Chloris gayana** a las ocho semanas del rebrote.

FUENTE: Stobbs, T.H., 1973b.

La estructura de la cubierta vegetal de la pradera ha sido considerada esencialmente en un plano vertical en toda la discusión anterior, pero en casi todos los casos la respuesta de los animales también estará fuertemente condicionada por las variaciones, tanto en la estructura como en la composición, de la cubierta vegetal considerada en el plano horizontal. Este sería claramente el caso del pastoreo en praderas de gramíneas cespitosas o en comunidades abiertas de arbustos. La investigación experimental de estos fenómenos no es una labor sencilla debido a las dificultades para describir la estructura de la cubierta vegetal y la distribución de los componentes individuales en tres dimensiones (Dale, 1978), y debido también a la imposibilidad práctica de medir la actividad animal en sitios específicos dentro de una parcela.

No hay duda de que el consumo de forrajes puede verse sustancialmente afectado por una serie de características relacionadas con la estructura de la cubierta vegetal y con la distribución de los componentes de la planta dentro de ella. Estas características sólo se pueden identificar en los experimentos de pastoreo, pero una vez hayan sido identificadas, los aspectos de la morfología de las plantas que contribuyen a la estructura de la pradera deberían ser fáciles de medir y clasificar en una etapa muy temprana de cualquier programa de selección.

Hay menos certeza aún sobre la naturaleza exacta de las características aquí discutidas, y de su importancia relativa en circunstancias específicas. Es urgente alcanzar una mejor comprensión de los factores involucrados porque, hasta tanto, cualquier programa de selección que implique características estructurales estará sujeto a cierto grado de incertidumbre. Este es un aspecto importante que merece más atención de la que se le ha prestado hasta el momento. Para poder progresar es

necesario alcanzar una mayor perfección y estandarización en conceptos y técnicas, y aplicar una evaluación más rigurosa.

Estructura de la pradera y eficiencia de utilización de las especies forrajeras

Las características de la pradera que influyen en el consumo del forraje también tendrán, probablemente, un impacto sustancial en la eficiencia de utilización del mismo. Por definición, para cualquier carga animal dada, las plantas con características de alto consumo tendrán una eficiencia de utilización (consumo por unidad de área ÷ crecimiento por unidad de área) más alta que plantas con características de bajo consumo. Los factores primarios que contribuyen a una eficiencia de utilización alta, lo mismo que a un consumo elevado, son, probablemente, la abundancia de hojas, una densidad foliar alta, y hojas y tallos finos con tejido estructural limitado.

Desde el punto de vista de las praderas, la utilización eficiente es sumamente deseable por sí misma, aunque la importancia que se le atribuye está condicionada tanto por el material de reserva que normalmente se encuentra en el residuo no pastoreado—en los sistemas convencionales—como por el riesgo de periodos anormales en los cuales el pasto no crece o tiene una producción restringida. En tales circunstancias, el material de reserva es de una importancia estratégica indudable, pero también puede interferir con el nuevo crecimiento de las plantas y diluir el valor nutritivo de la dieta al entorpecer la selección de las nuevas hojas durante la estación de crecimiento subsiguiente (Hodgson y Grant, 1980). El uso del fuego para destruir los residuos del forraje al final de la época seca ayuda a resolver este conflicto, aunque no siempre sin detrimento para el equilibrio de especies en la pradera. Las mismas características que contribuyen a una utilización muy eficiente en condiciones climáticas favorables pueden también ocasionar pérdidas excesivas, a causa, por ejemplo, de la senescencia y de la descomposición en condiciones húmedas, y por los daños que ocasiona el viento después que la pradera se ha secado. En consecuencia, la evaluación de las características deseables de la pradera puede depender, hasta cierto punto, del rango de condiciones climáticas a que se verán expuestas las plantas.

En las praderas asociadas, las especies preferidas serán utilizadas más eficientemente que las otras especies, algunas veces en detrimento de su futuro crecimiento y persistencia (Watkin y Clements, 1978), particularmente en el caso de las praderas tropicales donde los contrastes de preferencia son considerables y el estrés ambiental puede ser muy marcado. En términos generales, la preferencia está ligada a la abundancia de hojas (Arnold, 1981) y, particularmente durante la estación seca, a la retención de hojas vivas. Por tanto, es probable que el valor práctico del mejoramiento de estas características sólo sea evidente en condiciones en que se pueda mantener un equilibrio de las características de consumo de todas las especies o variedades que compongan la pradera, o donde las ventajas técnicas hagan recomendable el pastoreo de praderas simples o compuestas tan sólo de unas pocas variedades. Cualquier intento de orientar la selección de germoplasma al mejoramiento del consumo debe realizarse teniendo en cuenta el concepto de asociación de plantas y el sistema de

manejo al cual será sometido el material mejorado. Esto es especialmente importante en el caso de leguminosas tropicales, algunas de las cuales también son sensibles al pastoreo debido a su hábito rastrero de crecimiento ('t Mannetje y Ebersohn, 1980).

La selección de especies preferidas o de componentes morfológicos deseables de una especie, es más difícil en una cubierta vegetal cerrada con forraje de alta densidad, compuesta de plantas individuales relativamente pequeñas, que en una cubierta vegetal abierta, con plantas individuales relativamente grandes. En consecuencia, la selección de germoplasma en que se busca una alta densidad foliar, ocasionará, probablemente, una reducción del equilibrio de selección entre los componentes de la pradera—aun cuando no haya cambio en la preferencia—a menos que los incrementos genotípicos de la densidad foliar estén acompañados de una mayor estratificación de las especies vegetales.

La protección que reciben — contra los animales que pastorean — tanto el punto de crecimiento como las hojas jóvenes por parte del tejido maduro que los rodea, puede tener un impacto considerable en la producción especialmente en las especies tropicales de porte alto (Dirven, 1977). La selección orientada a la producción abundante de hojas, así como a la obtención de hojas y tallos más finos, debilitará este elemento protector, pero presumiblemente tenderá a reducir la sensibilidad a la defoliación debido al mayor número de macollas más pequeñas que se producirían (Dirven, 1977). La protección de los puntos de crecimiento puede ser especialmente importante en las especies de arbustos y árboles, en los cuales las variaciones en la estructura de las ramas y en la disposición foliar tendrían efectos marcados en la facilidad con que los animales puedan penetrar en el follaje. Todos estos factores podrían considerarse características negativas del consumo, pero si evitan el pastoreo excesivo de plantas individuales en las etapas críticas de crecimiento, podrían hacer una contribución positiva a la producción y al consumo del forraje por unidad de superficie.

Selección de germoplasma según la estructura de la pradera

Antes de considerar la inclusión en programas de selección de germoplasma que tenga en cuenta la estructura de la pradera, es necesario cerciorarse de cuáles son los componentes estructurales de primordial importancia. Los cambios en la altura de la pradera, la densidad total del pasto, la densidad foliar, las relaciones *hoja:tallo* y *material vivo: material muerto*, han sido características asociadas con variaciones en el consumo de forraje o con los componentes del consumo (Stobbs, 1975b; Hodgson, 1982a). Sin embargo, las inevitables correlaciones entre las variables de las praderas dificultan enormemente, en la mayoría de los estudios, la ejecución de una evaluación objetiva de causa y efecto ('t Mannetje y Eversohn, 1980). Es necesario elaborar una definición más exacta de las respuestas dadas a las variables individuales, y de los importantes patrones de interacción entre ellas, a fin de poder llevar a cabo una selección bien fundamentada con base en las características estructurales de la pradera.

Al considerar los factores que probablemente contribuirán al aumento del consumo y a la eficiencia de utilización del forraje, es importante no pasar por alto que los

mismos factores pueden aumentar las pérdidas del forraje en condiciones climáticas adversas e incrementar la susceptibilidad de las especies “mejoradas” a la defoliación excesiva, en praderas asociadas. El equilibrio entre las ventajas y desventajas a menudo será delicado y debe ser considerado cuidadosamente. Las pérdidas de forraje por sí probablemente no tendrán consecuencias graves en áreas de precipitación pluvial adecuada, donde la cantidad de forraje producido es rara vez un limitante, pero sus consecuencias pueden ser graves en regiones donde estacionalmente escasea el alimento o cuando el forraje muerto impide el acceso al forraje tierno.

El tópico del equilibrio de gramíneas y leguminosas en la pradera y en la dieta del animal en pastoreo es, actualmente y con mucha razón, un aspecto muy importante. En los programas actuales de evaluación se están obteniendo buenos resultados, aunque parecería que hay una comprensión superficial de los factores que determinan el comportamiento selectivo del animal. Esta es claramente un área que requiere un esfuerzo adicional de la investigación y, dada la naturaleza de las colecciones de gramíneas y leguminosas del CIAT, esta institución estaría en una posición privilegiada para promover dicho trabajo.

La evaluación inicial del germoplasma por sus características físicas y morfológicas no necesita de recursos adicionales a los ya existentes, aunque se puede argumentar que la selección debería basarse, por lo menos, en observaciones bajo condiciones de pradera y en el manejo bajo pastoreo. La evaluación de las respuestas del animal en términos de selección de la dieta y del comportamiento ingestivo podría hacerse en parcelas pequeñas (Hodgson, 1981b) dependiendo de las observaciones que se requieran y del grado hasta el cual el pastoreo común de varias parcelas resulte aceptable. En parcelas de 0.5-1.0 ha es muy posible efectuar mediciones de consumo con ganado vacuno. Estas observaciones son de corta duración y requieren condiciones estandarizadas, pero son esenciales para poder identificar parámetros importantes para los programas de evaluación. Las observaciones sobre las respuestas de la planta al pastoreo se pueden hacer en parcelas de tamaño similar, aunque esta práctica puede ocasionar restricciones inaceptables en la implementación de diversos manejos del pastoreo.

Finalmente, persiste la duda sobre el grado en que la evaluación de un forraje en particular podría verse afectada por los cambios que, con el trascurso del tiempo, se presentan en la masa herbácea, en la composición botánica, en la morfología de la planta, y en la estructura de la pradera, cambios que ocurren como consecuencia de un conjunto específico de prácticas de manejo. Esta consideración es mucho más importante en las praderas tropicales que en las de clima templado. Aunque es conveniente llevar a cabo procedimientos de evaluación que tengan en cuenta los tipos de manejo normales en el área donde se distribuirán las variedades, no dejan de ser inquietantes las implicaciones que este enfoque pueda crear en la naturaleza progresiva de un programa de investigación y evaluación. En particular, hay serias dudas sobre las prácticas de manejo con cargas animales fijas, que no tienen en cuenta las posibilidades de emplear pequeñas áreas de cultivos especiales como compensación de las diferencias entre la oferta y la demanda de alimento.

Las decisiones sobre sistemas de manejo inspirados en patrones específicos de variación de las condiciones de la pradera constituyen una base mucho más firme para la interpretación de las respuestas de la pradera y de los animales. Aunque este enfoque requiere evidencia preliminar de tipo general sobre las respuestas de las plantas al manejo de las praderas, es muy importante para acumular información y conocimientos esenciales para el desarrollo de un programa de selección y evaluación de plantas que sea flexible y progresivo.

Referencias

- Arnold, G. W. 1981. Grazing behaviour. En: Morley, F. H. W. (ed.). *Grazing animals; world animal science*, B.I. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. p. 79-104.
- Barthram, G. T. 1981. Sward structure and the depth of the grazed horizon. *Grass and Forage Science* 36(2):130-131.
- Chacón, E. y Stobbs, T. H. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 27:709-727.
- Chacón, E. A.; Stobbs, T.H.; y Dale, M. B. 1978. Influence of sward characteristics on grazing behaviour and growth of Hereford steers grazing tropical grass pastures. *Aust. J. Agric. Res.* 29:89-102.
- Chambers, A. R. M.; Hodgson, J.; y Milne, J. A. 1981. The development and use of equipment for the automatic recording of ingestive behaviour in sheep and cattle. *Grass and Forage Science* 36:97-105.
- Combellas, J. 1977. Studies on the herbage intake and milk yield of dairy cows. University of Reading. Thesis.
- Dale, M. B. 1978. Pattern seeking methods in vegetation studies. En: 't Mannetje, L. (ed.). *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Hurley, England, U.K. p. 232-252.
- Dirven, J. G. P. 1977. Beef and milk production from cultivated tropical pastures; a comparison with temperate pastures. *Stikstof*, no. 20, p. 2-14.
- Forbes, T. D. A. 1982. Ingestive behaviour and diet selection in grazing cattle and sheep. University of Edinburgh. Thesis.
- Gardener, C. J. 1980. Diet selection and liveweight performance of steers on *Stylosanthes hamata*-native grass pastures. *Aust. J. Agric. Res.* 31:379-392.
- Hendricksen, R. y Minson, D. J. 1980. The feed intake and grazing behaviour of cattle grazing a crop of *Lablab purpureus* cv. Rongei. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 95:547-554.
- Hodgson, J. 1981a. Variations in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage intake by calves and lambs. *Grass and Forage Science* 36:49-57.
- . 1981b. Testing and improvement of pasture species. En: Morley, F.H.W. (ed.). *Grazing animals; world animal science*, B.I. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. p. 309-317.
- . 1982a. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. En: Hacker, J.B. (ed.). *Nutritional limits to animal production from pastures*. Proceedings, International Symposium, St. Lucia, Queensland, Australia, 1981. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, U.K. p. 153-166.

- . 1982b. Ingestive behaviour. En: Leaver, J.D. (ed.). *Herbage intake handbook*. British Grassland Society. (en impresión).
- y Grant, S.A. 1980. Grazing animals and forage resources in the hills and uplands. En: Frame, J. (ed.). *The effective use of forage and animal resources in the hills and uplands*. British Grassland Society Occasional Symposium, no. 12. Edinburgh, Scotland, U.K. p. 41-57.
- y Jamieson, W.S. 1981. Variations in herbage mass and digestibility, and the grazing behaviour and herbage intake of adult cattle and weaned calves. *Grass and Forage Science* 36:39-48.
- Jamieson, W.S. y Hodgson, J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under strip-magazing management. *Grass and Forage Science* 34:261-271.
- Jarman, P.J. y Sinclair, A.R.E. 1980. Feeding strategy and the pattern on resource partitioning in ungulates. En: Sinclair, A.R.E. y Morton-Griffiths, M. (eds.). *Serengeti: Dynamics of an ecosystem*. Chicago University Press, Chicago, Ill. p. 130-163.
- Ludlow, M.M.; Stobbs, T.H. (the late); Davis, R.; y Charles-Edwards, D.A. 1982. Effect of sward structure of two tropical grasses with contrasting canopies on light distribution, net photosynthesis and size of bite harvested by grazing cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 33:187-201.
- 't Mannelje, L. y Ebersohn, J.P. 1980. Relations between sward characteristics and animal production. *Tropical Grasslands* 14(3):273-280.
- Martin, G. C.; Barnes, R. F.; Simons, A. B.; y Wooding, F. J. 1973. Alkaloids and palatability of *Phalaris arundinacea* L. grown in diverse environments. *Agronomy Journal* 65:199-201.
- Minson, D. J. 1981. Nutritional differences between tropical and temperate pastures. En: Morley, F. H. W. (ed.). *Grazing animals; world animal science*, B.I. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. p. 143-157.
- . 1982. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. En: Hacker, J. B. (ed.). *Nutritional limits to animal production from pastures*. Proceedings, International Symposium. St. Lucia, Queensland, Australia, 1981. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, U.K. p. 167-182.
- Paladines, O. 1981. Feeding systems and productivity of cattle in tropical America. En: European Association for Animal Production, 32a. reunión anual, Zagreb, Yugoslavia.
- Stobbs, T. H. 1973a. The effect of plant structure on the intake of tropical pasture. I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 24:809-819.
- . 1973b. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. *Aust. J. Agric. Res.* 24:821-829.
- . 1975a. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. III. Influence of fertilizer nitrogen on the size of bite harvested by Jersey cows grazing *Setaria anceps* cv. Kazungula swards. *Aust. J. Agric. Res.* 26:997-1007.
- . 1975b. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. *Tropical Grasslands* 9(2):141-150.
- . 1977. Seasonal changes in the preference by cattle for *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro. *Tropical Grassland* 11(1):87-91.
- y Hutton, E. M. 1974. Variations in canopy structures of tropical pastures and their effects on the grazing behaviour of cattle. En: International Grassland Congress, *Grassland Utilization*, 2a., Moscow, U.R.S.S. p. 680-687.
- Watkin, B.R. y Clements, R.J. 1978. The effects of grazing animals on pastures. En: Wilson, J.R. (ed.). *Plant relations in pastures*. CSIRO, East Melbourne, Australia. p. 273-289.

Factores edáficos y climáticos que intervienen en el consumo y la selección de plantas forrajeras bajo pastoreo

Carlos Lascano*

Resumen

Se han revisado los trabajos en que se estudia el efecto de la fertilización y de la época del año en el consumo y la aceptación de especies forrajeras. De esta revisión se puede concluir que se ha conseguido un efecto positivo en el consumo y aceptación de algunas gramíneas y leguminosas por el animal debido a la fertilización con superfosfato o con calcio y azufre. En algunos de los trabajos revisados, este efecto se asocia con la corrección de deficiencias de elementos nutricionales, con cambios en el crecimiento y la morfología de las plantas, y con la disminución de ciertos componentes químicos como los taninos. Por otro lado, existe una marcada influencia de la época del año en la selección que hace el animal de las leguminosas asociadas con las gramíneas, siendo mayor esa selección en la época seca cuando la gramínea pierde calidad.

Se sugiere incluir, dentro del proceso de evaluación de las leguminosas, pruebas de preferencia para detectar tempranamente aquellos materiales forrajeros con problemas de aceptación, y el posible efecto ejercido por la fertilización en su aceptación. Se plantea, por último, la necesidad de determinar, por medio de diseños apropiados en pequeñas parcelas, el efecto de la época del año en la elección que hace el animal de las leguminosas asociadas con gramíneas, para definir mejor el manejo que se debe dar a la asociación en un determinado ecosistema.

* Nutricionista de Animales, Programa de Pastos Tropicales, CIAT, Cali, Colombia.

Introducción

En reciente revisión sobre el tema, Arnold (1981) esquematizó muy bien los factores que interactúan en la selección de la dieta de un animal en pastoreo. En resumen, tanto las características relacionadas con los reflejos y sentidos del animal (p.ej.: visión, olfato, tacto, gusto) como las características de la pradera (p.ej: especies presentes, su disponibilidad relativa, sus atributos físicos y químicos) intervienen en la selección de la dieta de un animal bajo pastoreo. Por otro lado, factores asociados con el ambiente donde crece la planta (p.ej: tipo y fertilidad del suelo) y factores relacionados con el animal (p.ej: especie, individualidad, estado fisiológico, hábito de pastoreo, experiencia previa) pueden modificar la dieta que un animal selecciona.

En este trabajo no se pretende hacer una revisión de literatura sobre cada uno de los factores que pueden, en una u otra forma, afectar la selección del forraje bajo pastoreo. Para ello se remite al lector a revisiones que sobre ese tema han hecho varios autores (Heady, 1964; Arnold, 1981; Hodgson, 1981). El presente trabajo se propone solamente citar evidencias sobre los efectos de la fertilización y el clima—o la época del año—en el consumo y preferencia de especies forrajeras, principalmente leguminosas, por el animal. Se discuten además, algunas de las implicaciones que podrían tener los cambios en el grado de aceptación de ciertas especies—debidos a la fertilización del suelo y a las condiciones climáticas—en el desarrollo de metodologías para evaluar especies forrajeras bajo pastoreo.

Efecto de la fertilización en el consumo y selección de especies

El efecto benéfico de la aplicación de fertilizantes, como el superfosfato, a asociaciones gramíneas-leguminosas ha sido medido en términos de aumentos en la proporción de la leguminosa en la pastura (Shaw, 1978), de cambios en la composición química y botánica de la pastura (Ritson et al., 1971) y de aumentos en producción animal (Edye et al., 1971). En general, los aumentos en producción animal debidos a la aplicación de superfosfato se han relacionado con aumentos en la proporción de leguminosas disponibles (Evans y Bryan, 1973) y con corrección de deficiencias de elementos minerales, particularmente fósforo (Edye et al., 1971). Por otro lado, hay evidencias de que la fertilización con superfosfato produce un efecto directo en el consumo de algunas especies forrajeras. A continuación se resumen los trabajos en que se ha estudiado específicamente el efecto de la fertilización con superfosfato, y con azufre (S) y calcio (Ca), en el consumo de gramíneas y leguminosas.

Playne (1972) estudió el efecto de la fertilización con superfosfato en el consumo de *Heteropogon contortus* y de *Stylosanthes humilis* por carneros en jaulas (Cuadro 1). Para la gramínea, la aplicación de 125 kg/ha por año de superfosfato resultó en un aumento significativo en el consumo de materia seca, que estuvo asociado con un aumento de S (0.07 a 0.14%) y de P (0.054 a 0.084%) en el tejido vegetal. Para *S. humilis*, el mismo nivel de superfosfato no aumentó significativamente el consumo, aunque sí hubo un incremento de S (0.14 a 0.18%) y de P (0.097 a 0.164%) en el tejido vegetal. Es posible que en la leguminosa sin fertilizar, el nivel de S (0.14%) no fuera un

limitante del consumo, ya que de acuerdo con la revisión de Dawnes et al. (1975)—citados por Rees y Minson (1978)—el nivel crítico de S para el animal es de 0.1%.

El efecto de la fertilización con superfosfato en el consumo de leguminosas también ha sido estudiado por Hunter et al. (1978), quienes además, evaluaron el efecto de suplementar el animal con S. El consumo de *S. guianensis* por carneros en jaula, y su digestibilidad, fueron mayores, con relación al control, cuando se ofreció a los animales la leguminosa fertilizada (250 kg/ha de superfosfato), siendo intermedio el consumo de los animales suplementados con S (Cuadro 2). En ese trabajo, la corrección de una deficiencia de S fue, sin lugar a dudas, el principal efecto producido en *S. guianensis* por la fertilización con superfosfato, resultado que coincide con los obtenidos por Rees et al. (1974) con *Digitaria decumbens*. Sin embargo, otros factores asociados con la fertilización, como el incremento en nitrógeno, contribuyeron también, probablemente, a aumentar el consumo de la leguminosa fertilizada. En relación con el consumo de forrajes, Rees y Minson (1978) indican que la fertilización con S tiene como efecto primario aliviar deficiencias del elemento, cuando existen, lo cual también se consigue suplementando al animal con S, como muestra su trabajo con *D. decumbens* (Cuadro 3). Por otro lado, existen factores secundarios asociados con la fertilización de S, que pueden influir sobre el consumo a través de cambios en la tasa de crecimiento, en la relación hoja-tallo, y en la estructura química de las plantas (Cuadro 4).

Cuadro 1. Efecto de la fertilización con superfosfato en el contenido de calcio, fósforo y azufre de *Heretopogon contortus* y de *Stylosanthes humilis*, y en su consumo por carneros.

Variable en el forraje ^a	Nivel de fertilización ^b	Forraje ^c	
		<i>H. contortus</i>	<i>S. humilis</i>
Calcio (%)	N0	0.30	1.17
	N1	0.31	1.15
	N2	0.33	0.93
Fósforo (%)	N0	0.054	0.097
	N1	0.084	0.164
	N2	0.105	0.198
Azufre (%)	N0	0.07	0.14
	N1	0.14	0.18
	N2	0.15	0.20
Consumo (g MS/kg ^{0.75} por día)	N0	38.8 a	75.2 d
	N1	47.0 b	76.3 d
	N2	43.5 c	83.6 d

a. Materia seca.

b. N0 = 0 kg, N1 = 125 kg, N2 = 750 kg de superfosfato/ha por año.

c. a, b, c = medias diferentes (P < .05); d = diferencias no significativas (P > .05).

FUENTE: Playne, J.M., 1972.

Cuadro 2. Efecto de la fertilización con superfosfato y de la suplementación con azufre, en la digestibilidad de *Stylosanthes guianensis* y en su consumo por carneros.

Variable	Testigo ¹	Fertilización con superfosfato ²	Suplemento con azufre ³
Digestibilidad (%) de materia seca	20.3 a ± 0.3	35.2 b ± 0.7	29.6 c ± 2.0
Consumo de materia seca (g/animal por día)	142 a ± 11	628 b ± 12	202 c ± 8.0

1. Fertilización de establecimiento: 120 kg/ha de superfosfato; a, b, c = diferencias significativas entre medias ($P < 0.1$).

2. Fertilización: 250 kg/ha de superfosfato, además de los 120 kg/ha aplicados en el establecimiento.

3. Suplemento: 0.5 g de azufre como sulfato.

FUENTE: Hunter, R.A. et al., 1978.

Cuadro 3. Efecto de la fertilización y la suplementación con azufre (S) en la digestibilidad de varias fracciones de *Digitaria decumbens* y en su consumo por carneros.

Variable en el forraje	Suplementación con S (g/día)	Tratamiento ¹	
		Testigo	Fertilización
Digestibilidad en MS (%)	0	53.3 b	54.1
	0.06	56.9 c	54.1
Digestibilidad de hemicelulosa (%)	0	57.8 b	61.6
	0.6	62.9 c	62.8
Digestibilidad del contenido celular (%)	0	61.2 d	56.8 e
	0.6	62.2	56.2
Consumo de MS (g/kg ^{0.75} por día)	0	44.0 b	48.6
	0.6	53.6 c	50.1

1. Para el testigo, 0 y 66 kg S/ha en 1971 y 1972, respectivamente; para la fertilización, 0 y 116 kg S/ha en 1971 y 1972, respectivamente. b, c = valores diferentes por la suplementación de S; d, e = valores diferentes por la fertilización con S.

FUENTE: Rees, M.C. y Minson, D.J., 1978.

Los trabajos registrados en la literatura sobre el efecto del calcio como fertilizante en la calidad de forrajes son escasos. Estudios con leguminosas de la zona templada indican que la adición de Ca al suelo hizo aumentar el contenido de proteína en el heno de *Lespedeza* sp., lo cual resultó en mayores ganancias de peso de los carneros (Smith y Hester, 1948). En trabajos más recientes, Rees y Minson (1976) encontraron que al fertilizar *D. decumbens* con Ca se produjo un aumento en el consumo y la digestibilidad de la materia seca y la hemicelulosa del forraje, así como en la concentración de Ca en el tejido vegetal (Cuadro 5). A diferencia de lo hallado con S, la suplementación del animal con Ca no produjo incrementos en consumo o digestibilidad, lo cual sugiere que el efecto del Ca en el consumo se debió a cambios en la estructura química de la

planta y no a un aumento del Ca en la dieta. Sin embargo, en otro trabajo con *Panicum maximum* en un suelo ácido e infértil, los aumentos en digestibilidad debidos a la aplicación de Ca no se pudieron relacionar con cambios estructurales internos de la planta—p.ej., en los carbohidratos estructurales—sino más bien con cambios en la morfología de las plantas, como p.ej., en una mayor producción de hojas (Rolando, 1981).

Cuadro 4. Efecto de la fertilización con azufre (S) en la producción de forraje y en la composición de *Digitaria decumbens*.

Variable en el forraje	Tratamiento		Significancia
	Testigo	Fertilización	
Producción (kg/ha)	4040	5280	**
Proporción de hojas (%)	15.00	21.60	**
Azufre (%)	0.10	0.16	***
Fósforo (%)	0.23	0.21	NS
Calcio (%)	0.46	0.49	NS
Fibra detergente neutra (%)	65.60	67.80	NS
Fibra detergente ácida (%)	36.10	38.50	**
Hemicelulosa (%)	29.40	29.20	NS
Celulosa (%)	30.30	31.10	NS
Lignina (%)	5.90	7.40	**

** Significativo (P < .01).

*** Significativo (P < .001).

NS = No significativo (P > .05).

FUENTE: Rees, M.C. y Minson, D.J., 1978.

Cuadro 5. Efecto de la fertilización y de la suplementación con calcio (Ca) en la digestibilidad de varias fracciones de *Digitaria decumbens*, y en su consumo por carneros.

Variable en el forraje	Suplementación con Ca (g/día)	Tratamiento ^a		Diferencia
		Testigo	Fertilización	
Digestibilidad de MS (%)	0	45.8	48.0	**
	1.4	45.2	47.2	
Digestibilidad de hemicelulosa (%)	0	52.1	56.1	**
	1.4	50.8	55.1	
Consumo (g/kg ^{0.75} por día)	0	39.4	43.2	**
	1.4	38.2	43.2	

a. 0 y 760 kg Ca/ha en el testigo y la fertilización, respectivamente.

** Diferencias significativas entre el testigo y la fertilización (P < .01).

FUENTE: Rees, M.C. y Minson, D.J., 1976.

El efecto de la aplicación de superfosfato en la selección de especies bajo pastoreo ha sido estudiado por McLean et al., (1981) en asociaciones de gramíneas nativas con leguminosas como *S. humilis*, *S. hamata*, *S. scabra*, y *S. viscosa*. Como resultado de la fertilización, la proporción de leguminosas en el forraje disponible se duplicó, pero la cantidad presente en la dieta se quintuplicó (Cuadro 6). Este aumento en el consumo no estuvo relacionado con la mayor disponibilidad de leguminosa debida a la fertilización, tal como lo indicó la falta de correlación ($r = 0.13$, $P > .05$) entre el índice de selección relativa [(porcentaje de leguminosa en la dieta) ÷ (porcentaje de leguminosa disponible)] y el porcentaje de leguminosa en la pastura. La fertilización con superfosfato no produjo un incremento en la concentración de nitrógeno o fósforo en el tejido del forraje disponible en las pasturas. De acuerdo con McLean et al (1981) esto podría indicar que la mayor selección de leguminosa fertilizada pudo haber estado asociada con el Ca y el S del superfosfato, tal como lo sugieren otros trabajos, ya citados, de la literatura.

Cuadro 6. Efecto de la fertilización con superfosfato en la proporción de leguminosa disponible y seleccionada por bovinos fistulados del esófago, en asociaciones de gramíneas nativas con especies de *Stylosanthes*.

Tratamiento ^a	Proporción de leguminosa		Índice de selección ^b
	Forraje disponible (%)	Forraje seleccionado (%)	
Sin fertilización	24 ± 2.6	12 ± 3.4	0.5 ± .34
Con fertilización	45 ± 2.5	58 ± 5.9	1.3 ± .31
Diferencia	**	**	**

a. Fertilización con 100 kg/ha de superfosfato al establecimiento, y 25 kg/ha por año como mantenimiento.

b. Índice de selección = (leguminosa seleccionada) ÷ (leguminosa disponible).

** Diferencias significativas ($P < .01$).

FUENTE: McLean, R.W. et al., 1981.

Existen otros estudios en donde se ha tratado de relacionar la fertilidad del suelo con el consumo de leguminosas, particularmente de aquéllas que contienen taninos. Un buen ejemplo de estos trabajos es el realizado con *Lespedeza cuneata* en el sur de Estados Unidos. Esta leguminosa se caracteriza por su adaptación a suelos de baja fertilidad y por su habilidad de producir rebrotes en condiciones de sequía. Una característica desfavorable de *L. cuneata* es su baja aceptación por el animal, lo que ha sido atribuido a su alto contenido de taninos (Wilkins et al., 1953; Donnely, 1954). Hay alguna evidencia del efecto adverso de los taninos en el consumo en los estudios de progenies de *L. cuneata* con diferentes contenidos de taninos (Wilkins et al., 1953); se encontró en este trabajo que el consumo voluntario de genotipos de *L. cuneata* con 4.8% de taninos fue un 72% más alto que el consumo de genotipos con 12% de taninos.

El contenido de taninos de *L. cuneata* se ha asociado con la fertilidad del suelo. Es así como observaciones casuales han sugerido que los animales consumen más ávidamente *L. cuneata* cuando es fertilizada, lo que parece estar relacionado con una reducción en el contenido de taninos (Wilson, 1955). Otros trabajos han mostrado que gran parte de la variación en el contenido de taninos en *L. cuneata* se debe a diferencias en las características del suelo (Stitt et al., 1946), siendo mayor ese contenido en suelos infértiles. Por otro lado, los incrementos en polifenoles se han asociado con deficiencias de nitrógeno y fósforo en el suelo (Davies et al., 1964) y con deficiencias de potasio (Wilson, 1955).

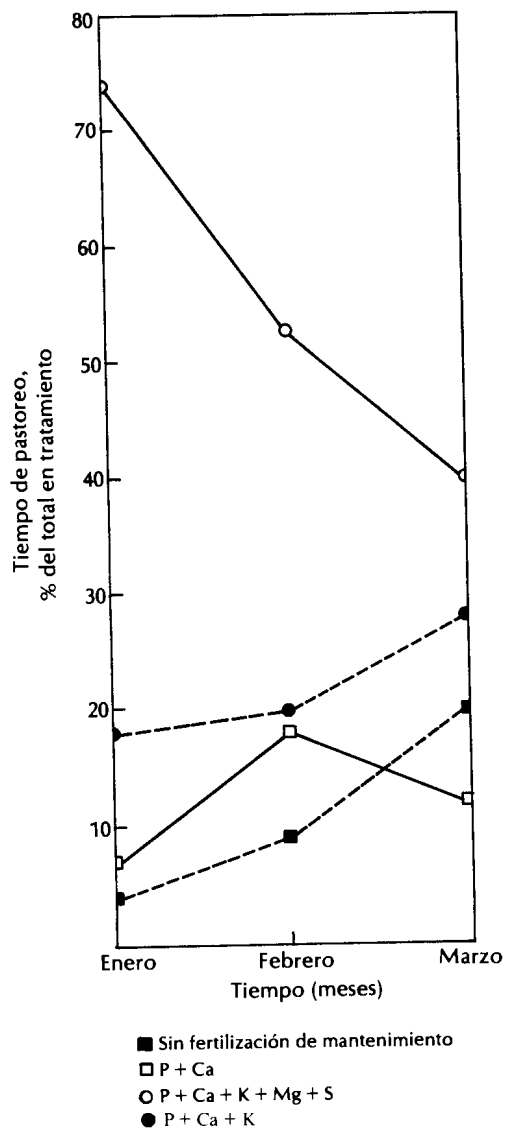


Figura 1. Distribución porcentual del tiempo de pastoreo de animales en *Desmodium ovalifolium* 350.
FUENTE: CIAT, 1981.

La importancia de los trabajos con *L. cuneata* podría radicar en el hecho de que dentro de las leguminosas hay tribus como la *Hedysarea*, en donde gran número de especies contienen taninos (Marshall et al., 1979). Los taninos han sido detectados, en diferentes concentraciones, en especies de *Desmodium* (Hutton y Coote, 1966; Rotor, 1965). Tal es el caso de *Desmodium tortuosum*, con bajos niveles de taninos, que contrasta con los niveles más altos de taninos en *D. intortum* cv. Greenleaf (Ford, 1978) y en *D. ovalifolium* CIAT 350 (CIAT, 1980). Esta última leguminosa ha demostrado tener un potencial promisorio en los suelos ácidos e infértiles de América Latina, por su gran productividad y su habilidad para asociarse con gramíneas agresivas (Grof, 1982). Sin embargo—como ocurre con *L. cuneata*—su aceptación por el ganado es baja, lo cual posiblemente esté asociado con su alto contenido de taninos.

Dadas las características favorables de *D. ovalifolium* CIAT 350, se consideró de alta prioridad investigar los factores asociados con el bajo grado de aceptación de esta leguminosa por el bovino en pastoreo. En el CNIA de Carimagua, en los Llanos Orientales de Colombia, se estudió la posible interacción de la fertilidad del suelo con los taninos, y la preferencia de *D. ovalifolium* CIAT 350 por animales en pastoreo. Los resultados de este trabajo (Figura 1) indicaron que la fertilización de mantenimiento con P y Ca o con P, Ca y K no aumentó la preferencia de la leguminosa con relación al control, lo que sí se logró con la adición de P, Ca, K, Mg y S. La mayor aceptación de *D. ovalifolium* CIAT 350, debida a la fertilización más completa de mantenimiento, estuvo asociada con una mayor producción de biomasa, con una disminución de taninos (catequinas equivalentes), y con un aumento en N, S y K en el tejido foliar (Cuadro 7). Datos posteriores de un trabajo de seguimiento indicaron que el elemento crítico que afecta la preferencia de *D. ovalifolium* CIAT 350, bajo las condiciones de los Llanos de Colombia, es el S (CIAT, 1982).

Cuadro 7. Efecto de la fertilización en la producción y composición química de *Desmodium ovalifolium* CIAT 350.

Variable en el tejido foliar ¹	Tratamiento de fertilización ²			
	(Testigo)	(+ P + Ca) ³	(+ P + Ca + K) ³	(+ P + Ca + K + Mg + S) ³
Forraje disponible (kg/ha)	3432 a	3844 a	3424 a	5680 b
Taninos (%)	37.5 a	37.0 a	34.1 ab	28.7 b
Catequinas equivalentes				
Nitrógeno (%)	1.99 a	2.01 a	2.09 a	2.59 b
Contenido de minerales				
P (%)	0.118 a	0.133 ab	0.130 ab	0.140 b
Ca (%)	1.05	1.13	1.08	1.03
K (%)	0.617 a	0.643 b	0.707 c	0.740 d
Mg (%)	0.245	0.239	0.232	0.246
S (%)	0.094 a	0.102 a	0.121 b	0.145 c

1. Base: materia seca.

2. Fertilización de establecimiento: 46 kg P; 259 kg Ca; 43 kg K; 11 kg Mg; y 22 kg de S/ha; en mayo de 1978. a, b, c, d, = medias diferentes ($P < .05$).

3. Fertilización de mantenimiento: 26 kg P; 117 kg Ca; 37 kg K; 22 kg Mg; y 44 kg S/ha; en agosto de 1980. FUENTE: CIAT, 1981.

Efecto de la época del año en la selección de especies forrajeras

Desde que se introdujeron las técnicas de fistulación del esófago de animales, se ha obtenido mucha información sobre los factores relacionados con la elección de especies en una pastura. En esta sección del trabajo se revisan algunos estudios donde se ha medido la selectividad de las leguminosas en las asociaciones gramíneas-leguminosas, en función de la época del año. Hunter et al. (1976) estudiaron la selectividad ejercida por los novillos que pastoreaban una asociación de gramíneas nativas con *S. humilis*, en una región de Australia de clima seco tropical, con 865 mm de lluvia de los cuales el 80% caen entre diciembre y marzo, y el resto como lluvias ocasionales durante el período seco, de abril a septiembre. Los resultados (Figura 2) indicaron que la leguminosa contribuyó considerablemente a la dieta (30%) durante los meses de marzo, abril y mayo, que coinciden con el final de la época de lluvias y con la sequía, época en que se reduce la calidad de las gramíneas asociadas. En los meses subsiguientes —y aun cuando la leguminosa constituía un 34%, en promedio, del forraje en oferta—la presencia de la leguminosa en la dieta fue mínima. En la misma región de Australia, Gardener (1980) estudió la selectividad manifestada por el animal en una asociación de gramíneas nativas con *S. hamata*. La leguminosa hizo una contribución importante a la dieta de los animales durante aproximadamente cinco meses, de marzo a julio (Figura 3), período que una vez más coincide con los meses secos del año. En otras zonas de Australia de clima monzónico (Katherine Northern Territory) —y donde el 80% de la precipitación de 850 mm ocurre también entre diciembre y marzo—la selección de leguminosas—en asociaciones de una gramínea con varias especies de *Stylosanthes*—fue mayor en la época seca (Mc Lean et al., 1981). Trabajos realizados por Stobbs (1977) en una región subtropical de Australia (Samford, sureste de Queensland) indicaron una mayor selección de *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro en asociación con *Setaria anceps* cv. Nandi en otoño, el comienzo de la época seca, que en primavera, la época lluviosa (Cuadro 8). La cantidad de leguminosa seleccionada por el animal estuvo relacionada con su palatabilidad relativa en diferentes épocas del año y con su disponibilidad en la pastura.

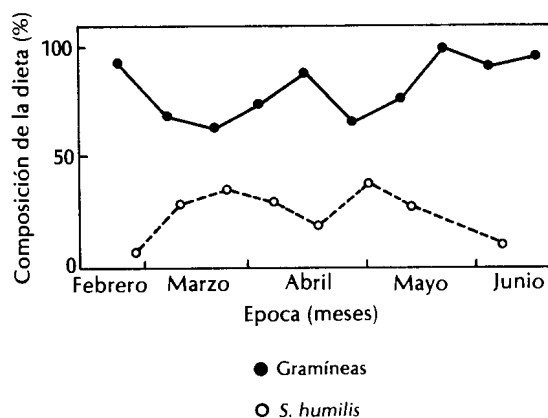


Figura 2. Selección de gramíneas y de *Stylosanthes humilis* bajo condiciones de pastoreo en época de lluvias (febrero) y en época seca (marzo a junio) en Landsdown, Australia.

FUENTE: Hunter, R.A., 1976.

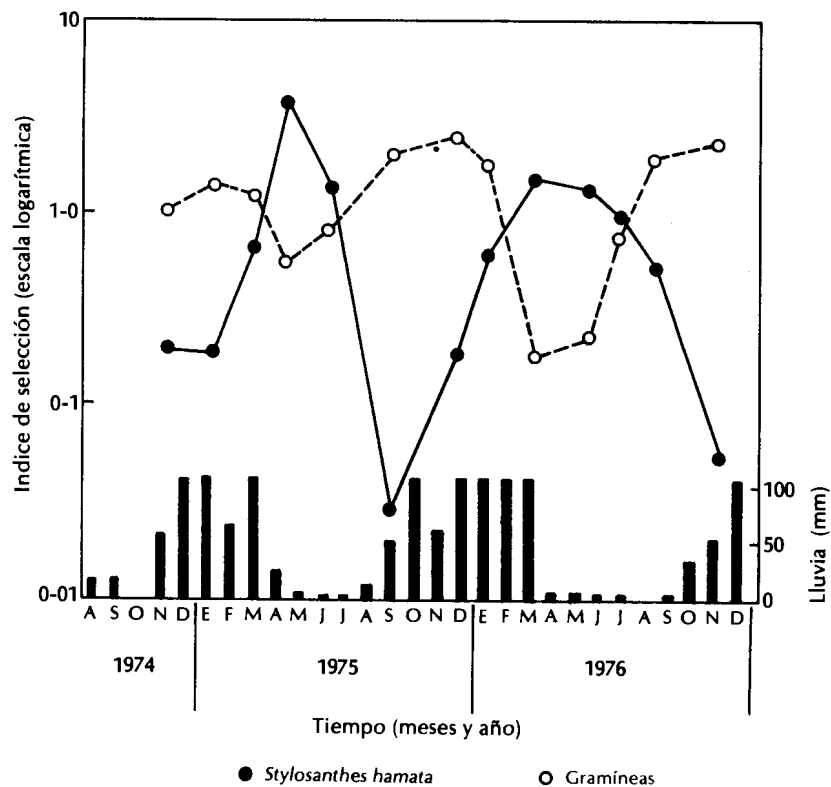


Figura 3. Índice de selección (forraje en dieta %/forraje disponible, %) durante un período de 25 meses, en una asociación de *Stylosanthes hamata* con gramínea nativa, en Lands-down, Australia.

FUENTE: Gardener, C.J., 1980.

Cuadro 8. Efecto de la estación del año en la proporción de *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro en la pastura, y en la dieta de bovinos fistulados del esófago.

Estación del año	Carga (animal/ha)	Proporción de leguminosa (%)	
		Forraje disponible, porción verde	Forraje seleccionado, materia seca
Primavera ^a	1.11	2	2
	2.96	6	3
Verano	1.11	18	9
	2.96	22	10
Otoño ^b	1.11	41	62
	2.96	51	73

a. Época de lluvias en Samford, sureste de Queensland, Australia.

b. Época seca.

FUENTE: Stobbs, T.H., 1977.

Los efectos de la época del año en la selección de leguminosas han sido también estudiados en asociaciones gramíneas-leguminosas en Carimagua, Llanos Orientales de Colombia (CIAT, 1981). Mediciones realizadas con animales fistulados del esófago durante los meses lluviosos (abril a octubre) y secos (noviembre a febrero) en asociaciones de *Andropogon gayanus* cv. Carimagua 1 con ecotipos de *S. capitata* y con *Pueraria phaseoloides*, indican que la leguminosa fue seleccionada en mayor proporción en la época seca (Figura 4). Se observó además, que la presencia de leguminosa en la dieta fue influida por la proporción de leguminosa en el forraje disponible. Trabajos complementarios de selectividad en asociaciones gramíneas-leguminosas en pequeñas parcelas de la subestación CIAT-Quilichao, han indicado un incremento de leguminosa en la dieta a medida que aumentaban los días de ocupación, lo que ha contribuido a mantener un nivel adecuado de proteína en la dieta (Figura 5). En estos estudios, la presencia más frecuente de leguminosa en la dieta se asoció con una disminución del contenido de proteína en la gramínea disponible, lo cual sugiere que los animales consumieron leguminosa cuando la calidad de la gramínea disponible disminuyó, como sucede durante los períodos secos del año.

Evaluación de germoplasma

Fertilización y aceptación de leguminosas

El aumento en el grado de aceptación por parte del ganado de algunas especies forrajeras—y en especial de ciertas leguminosas—mediante la fertilización, abre una nueva línea de investigación en programas de evaluación de especies forrajeras. Esta investigación se justificaría con leguminosas tropicales adaptadas a un determinado ecosistema, pero cuya utilidad como plantas forrajeras estuviera limitada debido a problemas de aceptación por el ganado.

Algunos ejemplos de leguminosas tropicales que tienen problemas de aceptación en diferentes regiones son: *Indigofera hirsuta* y *Zornia brasiliensis*, en los Llanos de Colombia¹; *Calopogonium mucunoides*, en el Cerrado, Brasil (CIAT, 1980); *C. caeruleum*, en Puerto Rico (Warmke et al., 1952); *D. gyroides* y *S. scabra* cv. seca, en Quilichao, Colombia (CIAT, 1981); y *S. viscosa* en Australia². Tanto con algunas de las leguminosas citadas como con otras que se introduzcan paulatinamente a programas de evaluación y que presenten problemas de aceptación, se justificaría estudiar el efecto de la fertilización sobre la preferencia, particularmente en ecosistemas con suelos de baja fertilidad.

Basado en lo anterior, el autor considera importante incluir en los esquemas de evaluación de germoplasma pruebas de pastoreo con el objetivo central de detectar, en forma temprana, aquellos materiales, particularmente leguminosas, con problemas de aceptación. Este trabajo se justificaría únicamente para leguminosas que hayan sobresalido en evaluaciones previas de adaptación a un determinado ecosistema.

1. Paladines, O. y Grof, B. Comunicación personal.

2. Reid, R.L. Comunicación personal.

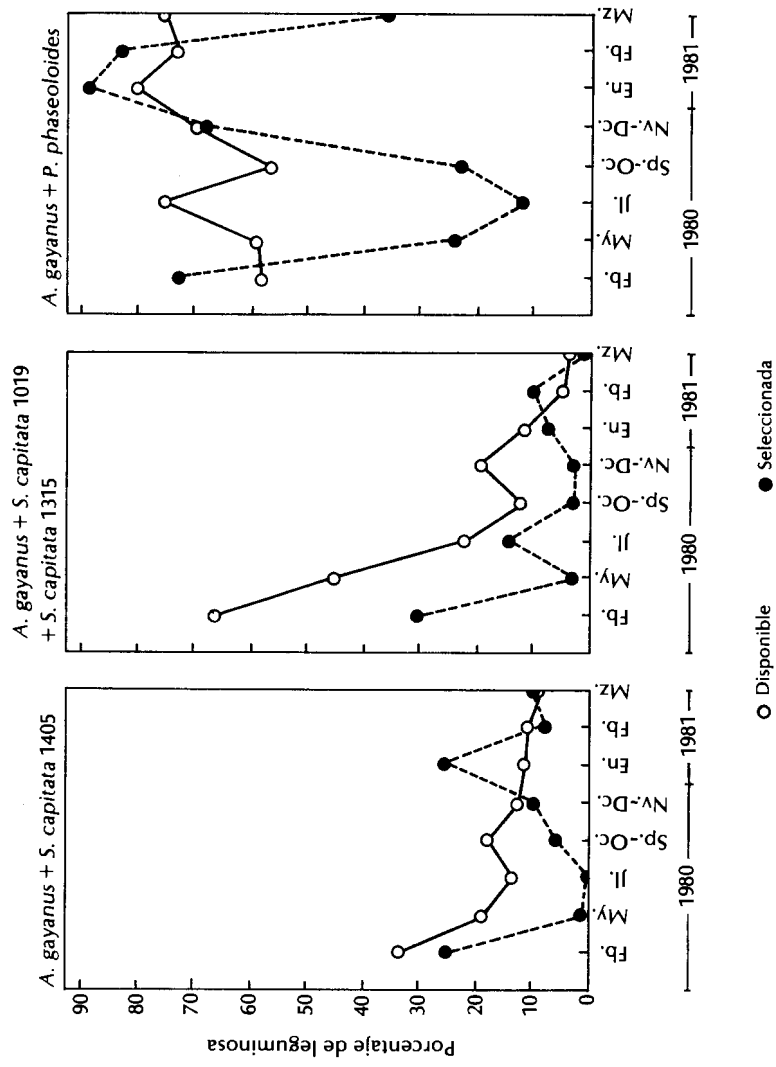


Figura 4. Proporción de la leguminosa disponible y seleccionada por novillos fistulados del esófago, en mezclas de *Andropogon gayanus* con ecotipos de *Stylosanthes capitata* + *Pueraria phaseoloides*, en los Llanos Orientales de Colombia.
FUENTE: CIAT, 1981.

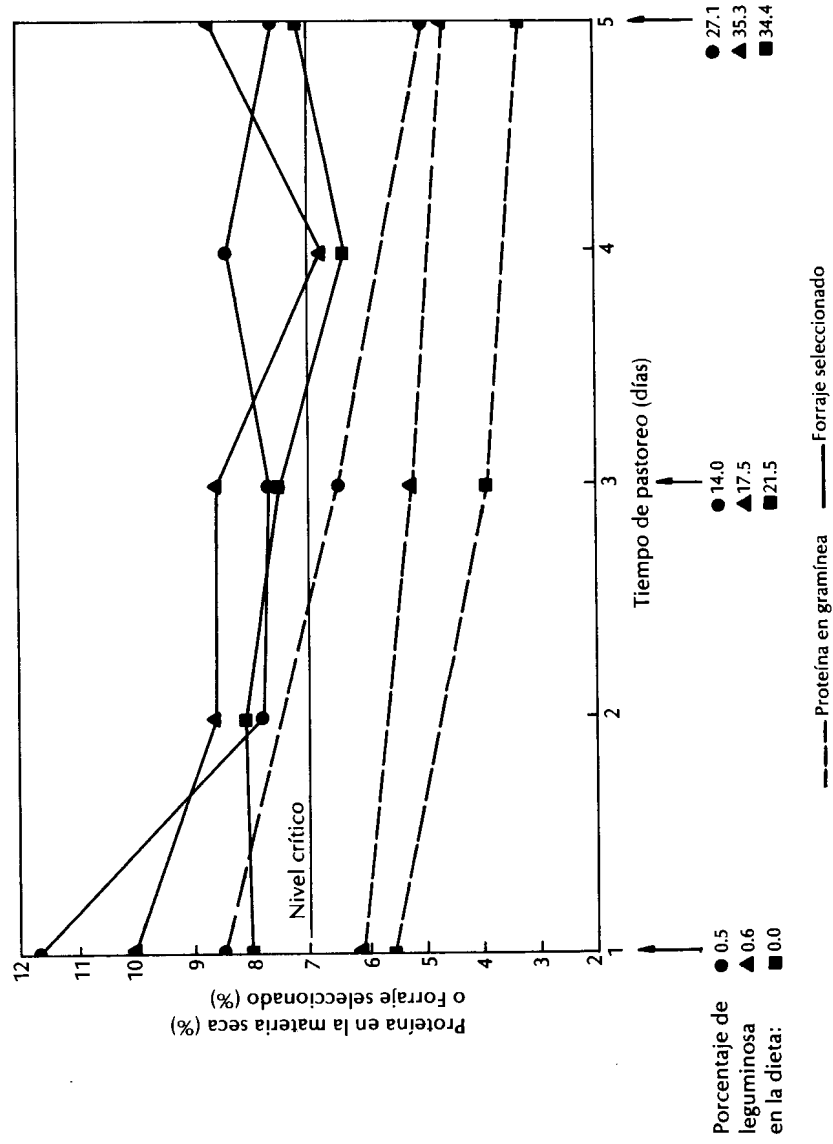


Figura 5. Contenido de proteína en la gramínea disponible y forraje seleccionado en una asociación de *Desmodium ovalifolium* con *Andropogon gayanus* + *Brachiaria decumbens* + *Panicum maximum*, en pastoreo común cada 4 (●), 6 (▲), u 8 (■) semanas.
FUENTE: CIAT, 1981.

Para determinar el grado de aceptación de las leguminosas manifestado por el animal en pastoreo, se podrían implementar, en varias etapas, experimentos del tipo “cafetería”. Una primera etapa tendría como finalidad determinar la aceptación relativa de leguminosas de diferente género, especie o ecotipo dentro de la especie, bajo el nivel de fertilización recomendado para el establecimiento de cada uno de los materiales en prueba. Las leguminosas que en estos trabajos presenten problemas de aceptación —aunque, al mismo tiempo, exhiban buenos atributos como plantas forrajeras— pasarían a una segunda etapa en que se evalúe de nuevo la preferencia del animal por ellas, bajo diferentes niveles de fertilización. Se trataría, en esta segunda etapa, de identificar relaciones causa-efecto mediante el análisis, en varias épocas del año, de componentes químicos volátiles y no volátiles.

Es concebible que el establecimiento de experimentos para evaluar, en una primera etapa, la aceptación de especies forrajeras esté limitado por la escasez de semilla. En tal caso, se podría pensar en realizar estudios de preferencia en parcelas donde previamente se hayan hecho evaluaciones agronómicas del germoplasma. Sería importante, entonces, que los experimentos de agronomía se realizaran en campos con trazados que permitan que las especies sean todas pastoreadas en un mismo bloque y en varias repeticiones.

Epoca del año y aceptación de leguminosas

De acuerdo con la información revisada, es claro que existe una influencia de la época del año en la selección por parte del animal de las leguminosas asociadas con gramíneas. Durante los meses secos del año, cuando la gramínea florece y pierde calidad, los animales seleccionan mayor cantidad de leguminosas con el consecuente resultado benéfico en la calidad de la dieta. Por otro lado, la baja preferencia de ciertas leguminosas con respecto a la gramínea asociada, durante la época lluviosa, podría colocar la gramínea en desventaja en términos de su habilidad para competir, y se produciría así una situación de dominio de la leguminosa. Es concebible, sin embargo, que esta competencia entre gramínea y leguminosa debida al pastoreo selectivo pueda estar, en gran parte, determinada por la duración del período seco, la tasa de crecimiento, la disponibilidad del forraje, el sistema de pastoreo, y la carga animal o la presión del pastoreo. Se desprende de estas consideraciones que en ecosistemas con poco estrés de sequía, el manejo de asociaciones de gramíneas con leguminosas bien adaptadas, agresivas, y de baja preferencia relativa podría requerir algún sistema de pastoreo rotacional para mantener el balance de las especies a través del tiempo.

En razón de lo anterior, y para visualizar mejor el manejo potencial de las mezclas, adquiere importancia el uso de metodologías que permitan determinar el efecto que ejerce la época del año en la selección que el animal hace de los componentes de las asociaciones de gramíneas con leguminosas. Esto, desde luego, implicaría mediciones de la composición botánica del forraje en oferta y, a ser posible, de lo que seleccionen animales fistulados del esófago, a lo largo del año. Para implementar este tipo de mediciones sería necesario pastorear las mezclas en forma individual, utilizar presiones de pastoreo que permitan al animal seleccionar el forraje, no suspender el pastoreo

en la época seca, y no eliminar el forraje residual después del pastoreo. Estas condiciones deben tomarse en cuenta, particularmente en el diseño de metodologías que buscan gramíneas y leguminosas para emplearlas en asociación en los sistemas de producción con pastoreo durante todo el año.

Referencias

- Arnold, G.W. 1981. Grazing behaviour. En: Morley, F.H.W. (ed). Grazing animals; world animal science. B.I. Elsevier, New York. p. 79-101.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. Informe anual del Programa de Pastos Tropicales, 1981. Cali, Colombia.
- . 1981. Informe anual del Programa de Pastos Tropicales, 1980. Cali, Colombia. 138 p.
- . 1980. Informe anual del Programa de Pastos Tropicales, 1979. Cali, Colombia. 158 p.
- Davies, R.I.; Coulson, C.B.; y Lewis, D.A. 1964. Polyphenols in plant, humus and soil. IV. Factors leading to increase in biosynthesis of polyphenol and their relationship to Mull and Mor formation. Journal of Soil Science 15:311-318.
- Donnelly, G.D. 1954. Some factors that affect palatability in *Sericea Lespedeza*, *L. cuneata*. Agronomy Journal 46:96-97.
- Edye, L.A.; Ritson, J.B.; Haydock, K.P.; y Davies, J.G. 1971. Fertility and seasonal changes in liveweight of Droughtmaster cows grazing a Townsville stylo-speargrass pasture. Aust. J. Agric. Res. 22:963-977.
- Evans, T.R. y Bryan W.W. 1973. Effects of fertilizers and stocking rates on pasture and beef production on the Wallum of south-eastern Queensland. II. Animal response in terms of liveweight change and beef production. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 13:530-536.
- Ford, C.W. 1978. In vitro digestibility and chemical composition of three tropical pasture legumes, *Desmodium intortum* cv. Greenleaf, *D. tortuosum* and *Macropitium atropurpureum* cv. Siratro. Aust. J. Agric. Res. 29:963-974.
- Gardener, C.J. 1980. Diet selection and liveweight performance of steers on *Stylosanthes hamata*-native grass pastures. Aust. J. Agric. Res. 31:379-392.
- Grof, B. 1982. Performance of *Desmodium ovalifolium* Wall in legume-grass associations. Tropical Agriculture (Trinidad) 59:33-37.
- Heady, H.F. 1964. Palatability of herbage and animal preference. Journal Range Management 17:76-82.
- Hodgson, J. 1981. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. En: Hacker, J.B. (ed.). Nutritional limits to animal production from pastures. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, U.K. p. 153-166.
- Hunter, R.A.; Miller, C.P.; y Siebert, B.D. 1978. The effect of supplementation or fertilizer application on the utilization by sheep of *Stylosanthes guianensis* grown on sulfur deficient soils. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 18:391-395.
- ; Siebert, B.D.; y Breen, M.J. 1976. The botanical and chemical composition of the diet selected by steers grazing Townsville stylo-grass pastures during a period of liveweight gain. Proceedings of the Australian Society of Animal Production 11:457-460.
- Hutton, E.M. y Coote, J.N. 1966. Tannin content of some tropical legumes. J. Aust. Inst. Agric. Sci. p. 139-140.

- Marshall, D.R.; Broue, P.; y Munday, J. 1979. Tannins in pasture legumes. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 19:192-197.
- Mc Lean, R.W.; Winter, H.W.; Mott, J.J.; y Little, D.A. 1981. The influence of superphosphate on the legume content of the diet selected by cattle grazing *Stylosanthes*-native grass pastures. *Nota breve. J. Agric. Sci. (Cambridge)* 96:247-249.
- Playne, J.J. 1972. Nutritional value of Townsville stylo (*Stylosanthes humilis*) and of spear grass (*Heieropogon contortus*) dominant pastures fed to sheep. II. The effect of superphosphate fertilizer. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 12:373-377.
- Rees, M.C. 1976. Fertilizer calcium as a factor affecting voluntary intake, digestibility and retention time of Pangola grass (*Digitaria decumbens*) by sheep. *British Journal of Nutrition* 36:179-187.
- y Minson, D.J. 1978. Fertilizer sulfur as a factor affecting voluntary intake, digestibility and retention time in the rumen and site of digestion of Pangola grass in sheep. *Journal of Agriculture Science (Cambridge)* 82:419.
- Ritson, J.B.; Edye, L.A.; y Robinson, P.J. 1971. Botanical and chemical composition of a Townsville stylo-spear grass pasture in relation to conception rate of cows. *Aust. J. of Agric. Res.* 22:993-1007.
- Rolando, C.A. 1981. Effect of calcium, phosphorus and potassium upon the yield and chemical composition of *Panicum maximum* (Jacq). University of Florida, Gainesville, Florida. Thesis. 115 p.
- Rotor, P.O.; 1965. Tannins and crude proteins of tick clovers (*Desmodium* spp.). *Tropical Agriculture (Trinidad)* 42:333-337.
- Shaw, N.H. 1978. Superphosphate and stocking rate effects on a native pasture oversown with *Stylosanthes humilis* in Central Coastal Queensland. II. Animal production. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 18:800-807.
- Smith, G.E. y Hester, J.B. 1948. Calcium content of soils and fertilizers in relation to composition and nutritive value of plants. *Soil Science* 65:117-128.
- Stitt, R.E.; Hyland, H.L.; y Mc Kee, R. 1946. Tannin and growth variation of a Sericea Lespedeza clone in relation to soil type. *J. Am. Soc. Agron.* 38:1003-1009.
- Stobbs, T.H. 1977. Seasonal changes in the preference by cattle for *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro. *Tropical Grasslands* 11:87-91.
- Warmke, N.E.; Freyre, R.H.; y Morris, M.P. 1952. Studies on palatability of some tropical legumes. *Agronomy Journal* 44:517-520.
- Wilson, M.C. 1955. The effect of soil treatments on the tannin content of Lespedeza Sericea. *Agronomy Journal* 47:83-86.
- Wilkins, H.L.; Bates, R.P.; y Henson, P.R. 1953. Tannin and palatability in Sericea Lespedeza, *L. cunneata*. *Agronomy Journal* 45:335-356.

Efecto del manejo del pastoreo en la utilización de la pradera tropical

L.E. Tergas*

Resumen

En este trabajo se discuten los factores del manejo del pastoreo que influyen en la utilización de las praderas tropicales. El objetivo principal es considerar los efectos “carga animal” y “sistema de pastoreo”—y su interacción—en relación con la evaluación del germoplasma sometido a pastoreo.

Se infiere que el estudio de las interacciones entre carga animal y sistema de pastoreo es importante para determinar no solamente la producción animal, sino también el manejo de las especies forrajeras —principalmente leguminosas asociadas con gramíneas— y asegurar así su persistencia. Se sugiere, por tanto, que en las evaluaciones del germoplasma nuevo en pequeñas parcelas se incluyan los factores del manejo, con el fin de visualizar mejor las alternativas de uso del germoplasma dentro de un ecosistema determinado y en pruebas de pastoreo más simples, donde se evalúe el potencial de producción animal del nuevo germoplasma.

* Especialista en Manejo de Pastos, Programa de Pastos Tropicales, CIAT, Cali, Colombia.

Introducción

Las especies forrajeras tropicales, y especialmente las gramíneas, tienen una gran capacidad de aprovechar la energía radiante, el anhídrido carbónico del aire, el agua, y los nutrientes del suelo para producir grandes cantidades de materia seca que puede utilizarse para la producción de carne o leche. No obstante, Whyte (1962) señaló que, en términos de producción animal, el potencial de los forrajes tropicales era, en gran parte, un mito y que por largo tiempo la mayor contribución de productos pecuarios procedería de las zonas templadas.

A pesar de que se han logrado progresos en la investigación con pastos tropicales—especialmente en el uso de leguminosas cuya presencia en el campo cabe aumentar todavía más (Hutton, 1970)—y aunque los resultados experimentales demuestran la productividad animal en el trópico (Cuadro 1), la producción de carne de la zona tropical sigue siendo baja si consideramos que cuenta, proporcionalmente, con la mayor población ganadera del mundo (Jasiorowski, 1973).

La principal razón de este fenómeno es que, aun cuando los factores ambientales—como humedad y temperatura—no se consideren limitantes, y aunque la fertilidad del suelo sea adecuada y se produzcan grandes cantidades de materia seca de buen valor nutritivo, la utilización de las plantas forrajeras por el animal no llega siquiera a 50%, y es variable tanto en gramíneas (Cuadro 2) como en asociaciones de gramíneas y leguminosas (Okorie et al., 1965; Olubajo y Oyenuga, 1971).

El propósito de este trabajo es discutir algunos conceptos relacionados con la utilización de praderas tropicales, desde el punto de vista del manejo del pastoreo. El énfasis recae en las asociaciones de gramíneas y leguminosas, considerando la importancia que tienen estas últimas para mejorar la productividad animal en América tropical.

Cuadro 1. Producción potencial de carne, estimada en praderas tropicales naturales y cultivadas.

Praderas	Ambiente	
	Húmedo/seco, 5-6 meses de sequía (kg/ha por año)	Húmedo, sin sequía (kg/ha por año)
Naturales		
Buen manejo	10-80	60-100
Con leguminosas	120-170	250-450
Cultivadas		
Gramíneas/leguminosas	200-300	300-600
Fertilizadas con N	300-500	800-1500

FUENTE: Stobbs, T.H., 1974.

Cuadro 2. Utilización de tres gramíneas tropicales, con fertilización y manejo intensivo. Promedios de regiones húmedas y con riego, en Puerto Rico.

Especie	Materia seca ofrecida (kg/ha por año)	Eficiencia de utilización (%)	Ganancia de peso		Eficiencia de conversión ^a (kg MS/kg PV)
			por animal (kg)	por ha (kg)	
Napier	42,224	35.4	203	1233	34.2
Guinea	35,124	45.7	200	1308	26.8
Pangola	31,761	43.5	198	1139	27.9
Promedio	36,369	41.5	200	1226	29.6

a. Eficiencia de conversión expresada como kg de MS utilizados para obtener una ganancia de peso de 1 kg; PV = peso vivo.
FUENTE: Vicente-Chandler, J. et al., 1967.

Utilización

La utilización de una pradera se puede concebir como la eficiencia con que la materia seca producida se convierte en producto animal (Noy-Meir, 1978). Esta definición reconoce la necesidad de establecer el verdadero valor de una pradera—una vez transformado ese valor en producto animal—como una medida indirecta de la utilización de las especies forrajeras.

El consumo o utilización del forraje, y la producción animal, están relacionados con la cantidad de especies forrajeras presentes en la pradera. Si los demás factores asociados con el consumo de forrajes en pastoreo (Figura 1) permanecieran más o menos constantes, la producción animal por unidad de área debería relacionarse directamente con la disponibilidad del pasto.

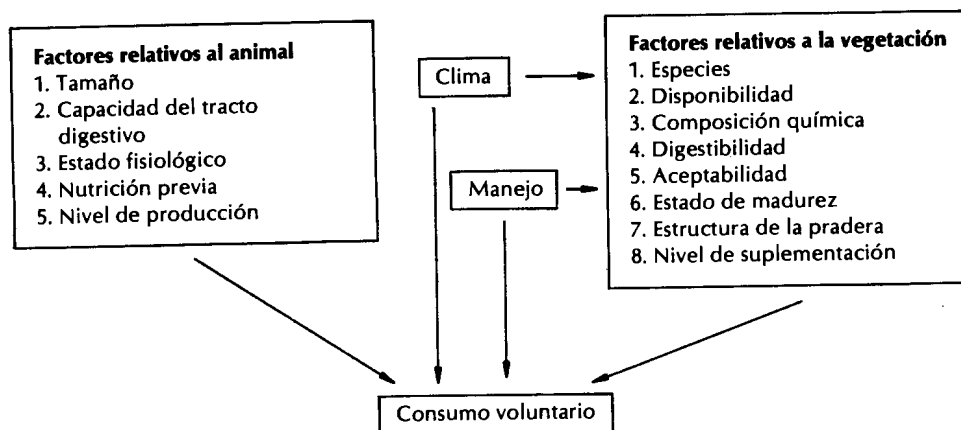
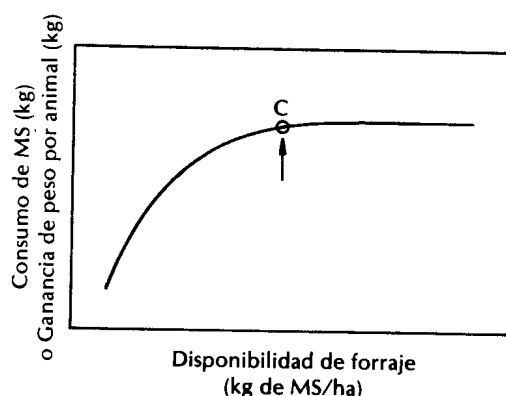


Figura 1. Factores relacionados con el consumo de forrajes en pastoreo.
FUENTE: Johnson, W.L., 1970.

Figura 2. Relación general entre disponibilidad de forraje y producción animal. C = Punto de cambio más allá del cual una mayor disponibilidad de forraje no produce un aumento en la productividad.

FUENTE: Paladines, O. 1972.



Esta relación se podría describir mediante una curva asintótica (Figura 2) en la cual el consumo de materia seca aumentaría en función de la disponibilidad del pasto, hasta un punto de inflexión o cambio más allá del cual una mayor disponibilidad no produce un aumento en la productividad. Sin embargo, esta relación no es tan simple (Stobbs, 1975), porque existe una fuerte interacción entre la pradera y el animal en pastoreo. Además, los factores del manejo de la pradera tienen una gran influencia en la utilización de ésta por el animal (t Mannetje, 1972).

Factores del manejo de praderas

El objetivo principal del manejo de la pradera es asegurar la productividad animal a largo plazo manteniendo la estabilidad de la pradera y en ella, principalmente, las leguminosas, consideradas como el componente más valioso e inestable del sistema. Entre los factores del manejo de praderas que más afectan la utilización de ésta, se consideran: la carga animal, el sistema de pastoreo, y la duración de los períodos de descanso y de ocupación en la rotación.

Carga animal

La carga animal es el factor más importante que influye en la utilización del forraje, estableciendo una fuerte interacción entre la disponibilidad de forraje como resultado del crecimiento de las plantas, y la defoliación y consumo de forraje por los animales. La persistencia de las especies en la pradera—especialmente de las leguminosas—es alterada por la carga animal y varía de acuerdo con las características morfológicas y fisiológicas de las plantas.

Varios investigadores han establecido, entre la carga animal y la producción de las praderas, relaciones representadas por distintos tipos de curvas que parecen diferir según el tipo de pradera y el ecosistema donde aquéllas han sido determinadas.

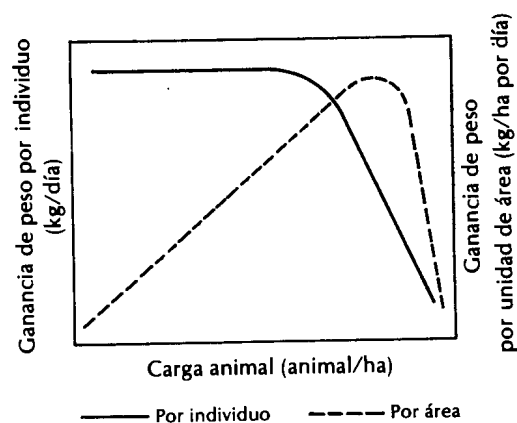
Mott (1960) propuso una relación en la cual la ganancia por animal es máxima cuando la carga es baja y se mantiene así a medida que la carga aumenta gradualmente, hasta un punto en que comienza a disminuir rápidamente con los aumentos sucesivos de carga (Figura 3): El autor ha sugerido que la relación debe ser descrita más bien como presión de pastoreo, o sea, como la cantidad de materia seca del forraje presente por animal en pastoreo, en vez de la carga animal convencional entendida como número de animales por unidad de superficie en un instante determinado. Paladines (1972) interpreta esta relación en términos de la cantidad de forraje disponible y del consumo por animal, lo que debería ser equivalente a ganancia en peso, siempre y cuando los factores que determinan la calidad del forraje no estén muy influenciados por la carga animal o la presión de pastoreo (Figura 2).

Otros investigadores como Riewe (1961) y Cowlshaw (1969) establecieron una relación de tipo lineal entre ganancias por animal y carga animal, en un rango amplio de cargas y tipos de praderas. Jones y Sandland (1974) propusieron un modelo (Figura 4) en el cual esta relación permanece lineal en un rango de cargas establecidas en experimentos de pastoreo. Esta relación se cumple especialmente cuando se aplica a praderas compuestas por asociaciones de gramíneas y leguminosas, donde éste último componente es el que más influye en la productividad animal y el que resulta afectado severamente por un incremento en la carga animal. El autor de este trabajo halló, en una revisión de datos generados en diferentes regiones tropicales, que la relación lineal propuesta por Jones y Sandland (1974) se cumple en casi todos los estudios sobre praderas de gramíneas y leguminosas asociadas (Cuadro 3).

Aunque hay discrepancias respecto a la forma de la curva que describe la relación entre carga animal y producción animal hay, no obstante, consenso entre los investigadores de que a medida que la carga animal se reduce, la ganancia por animal aumenta hasta un nivel relacionado con el metabolismo del animal y la madurez del forraje. Es así como Stobbs (1969) señaló que en praderas de *Hyparrhenia rufa* en Uganda, la producción por animal disminuyó con las cargas bajas, a causa del escaso valor nutritivo del forraje asociado con su crecimiento y madurez excesivos.

Figura 3. Relaciones generales entre carga animal y ganancia de peso por individuo y por unidad de área.

FUENTE: Mott, G.O., 1960.



De otro lado, Edye et al. (1978) encontraron que la carga animal no tuvo un efecto significativo sobre la producción animal anual, debido a un efecto antagónico de las estaciones lluviosa y seca (Figura 5). Durante la estación lluviosa, la producción animal aumentó con el incremento en la carga animal —incremento que se relacionó además, con un aumento en la disponibilidad de materia verde y seca total— pero durante la estación seca se observó lo contrario. Los autores creen posible que en el trópico húmedo el excesivo crecimiento del pasto reduzca la calidad del forraje y por ende, su utilización por parte del animal, lo que resulta en poca productividad animal cuando se aplican cargas bajas.

En Carimagua, con las gramíneas *Brachiaria decumbens*, *B. humidicola* y *Andropogon gayanus* se ha observado una acumulación excesiva del pasto cuando las cargas son bajas—sobre todo al comienzo de la estación lluviosa—que resulta en una menor eficiencia de utilización del pasto en términos de producción animal.

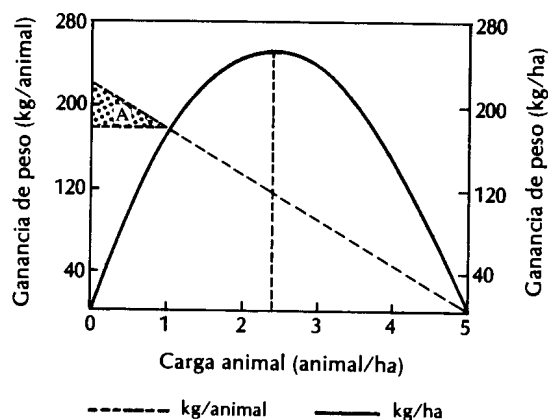


Figura 4. Relación entre carga animal y ganancias de peso por animal y por hectárea. (A = efecto—poco importante—de la ganancia constante de peso antes de la carga de 1 animal/ha).

FUENTE: Jones y Sandland, 1974

Cuadro 3. Regresiones lineales calculadas para la relación entre carga animal (X, animales/ha) y ganancia de peso (Y, kg/animal) en asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales, en diferentes regímenes de lluvias.

Lluvias (mm)	Regresión	Coefficiente de regresión	Referencia
720	$Y = 198.5 - 52.9 X$	-0.98	t'Mannetje y Nicholls, 1974
905	$Y = 141.7 - 35.6 X$	-0.79	Shaw, 1978
1070	$Y = 241.1 - 56.7 X$	-0.99	Jones, 1974
1090	$Y = 208.8 - 18.2 X$	-0.95	Vilela et al., 1978
1700	$Y = 201.6 - 24.7 X$	-0.96	Toledo y Morales, 1979
2650	$Y = 220.0 - 31.8 X$	-0.99	Partridge, 1979

FUENTE: Tergas, L.E., 1982.

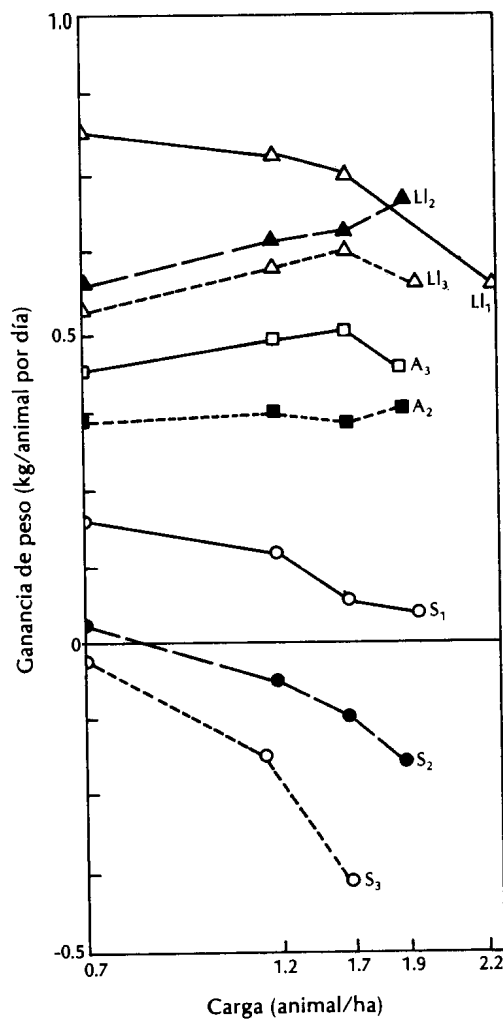


Figura 5. Relación entre la carga animal y los cambios de peso por animal para 3 estaciones lluviosas (LL), 3 estaciones secas (S), y 2 períodos anuales (A).

FUENTE: Edey et al., 1978.

Al mismo tiempo, la cantidad de material muerto del pasto va en aumento a medida que la estación lluviosa avanza, y puede representar más del 50% del pasto ofrecido—especialmente con cargas bajas— lo cual tiene una influencia negativa en la producción animal durante esta época crítica del año (Figuras 6, 7 y 8).

En Nueva Zelanda, Campbell (1966b) halló un incremento en el forraje muerto cuando disminuían las cargas. Stuth et al. (1981) señalan que se dispone de muy poca información sobre el efecto de la defoliación en las tasas de madurez de los pastos de zonas templadas, e indican la necesidad de investigar sobre la relación que existe entre la disponibilidad de los pastos y las tasas de senectud estacionales. En vista de que las especies de pastos tropicales maduran más rápido y que la estación seca es, generalmente, más prolongada en las regiones tropicales, las tasas de senectud podrían influir

mucho en la utilización del pasto, y estarían relacionadas con el manejo del pastoreo y especialmente, con la carga animal.

La carga animal ejerce un efecto muy marcado en la persistencia de las leguminosas asociadas con gramíneas tropicales (Figuras 9 y 10). Este efecto varía según las características de las especies forrajeras (Roberts, 1979) de modo que las leguminosas rastreras son más tolerantes a cargas altas que las leguminosas volubles y arbustivas. Bisset y Marlowe (1974) encontraron una relación entre la carga animal, las ganancias por animal, y el número de coronas de plantas de Siratro por hectárea (Figura 11).

Cuando en uno de los sitios experimentales el número de coronas de plantas de Siratro se mantuvo alrededor de 100,000/ha, la producción animal no varió significativamente con un aumento en la carga animal; en otro sitio, sin embargo, al disminuir el número de coronas de 39,000 a 12,000/ha —por un aumento en la carga animal— la producción animal disminuyó significativamente. La diferencia fue atribuida a una adaptación y un establecimiento mejores de la leguminosa en uno de los sitios; la mejor adaptación resultó en un desarrollo más vigoroso de estolones y coronas secundarias en un sitio que en el otro.

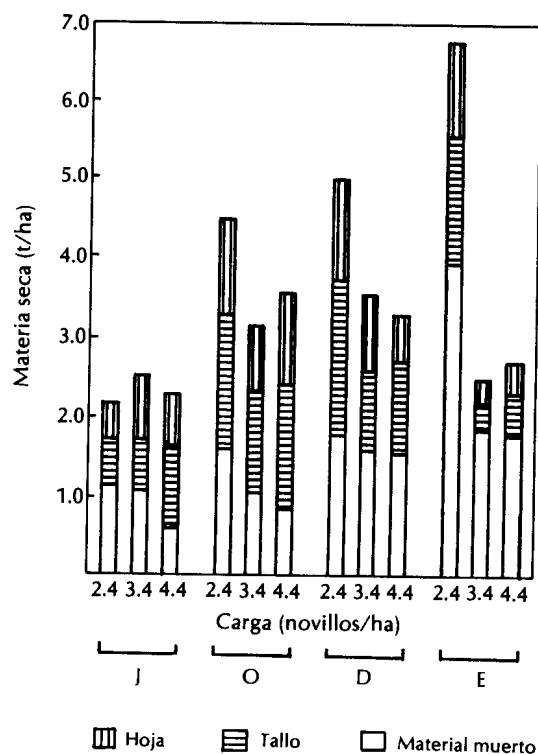


Figura 6. Disponibilidad de forraje en términos de partes de la planta de *Brachiaria humidicola*, en pastoreo continuo con tres cargas fijas, en las estaciones lluviosa y seca en Carimagua, en el primer año de pastoreo, 1981. Fechas de muestreo: J = junio, O = octubre, D = diciembre, E = enero.

FUENTE: Tergas et al., 1982.

Figura 7. Disponibilidad de forraje en términos de partes de la planta de *Andropogon gayanus*, bajo pastoreo continuo con tres cargas diferentes, en verano y en invierno en Carimagua, al tercer año de pastoreo. Fecha de muestreo: F = febrero, J = junio, N= noviembre.
FUENTE: ICA-CIAT, 1982.

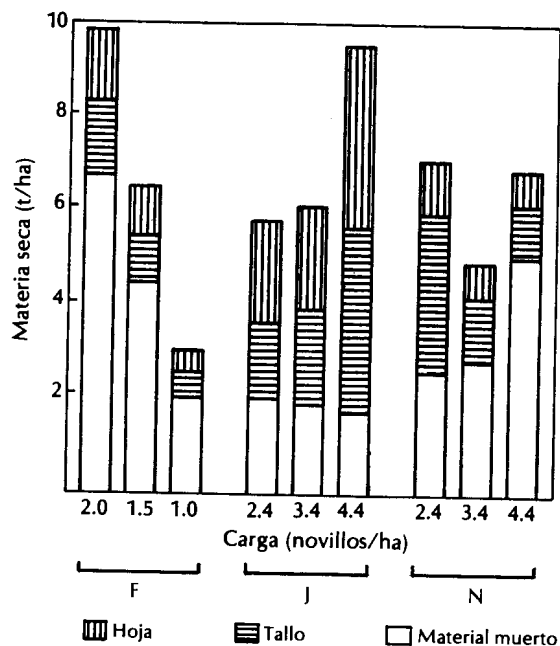


Figura 8. Disponibilidad de forraje, en términos de partes de la planta, de *Brachiaria decumbens* bajo pastoreo continuo, con tres cargas diferentes y fijas durante el año, en Carimagua, al sexto año de pastoreo. Fecha de muestreo: F = febrero, J = junio, N = noviembre.
FUENTE: ICA-CIAT, 1982.

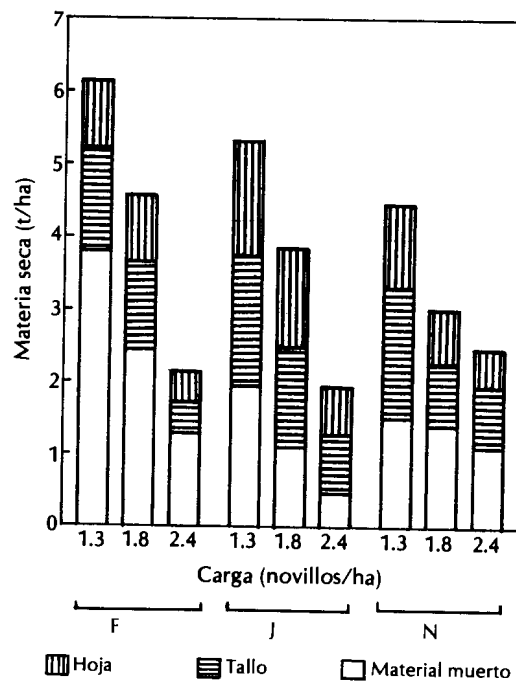


Figura 9. Efecto de la carga animal en la composición botánica de las leguminosas en la asociación *Setaria/Siratro*.
FUENTE: Jones, R.J., 1974.

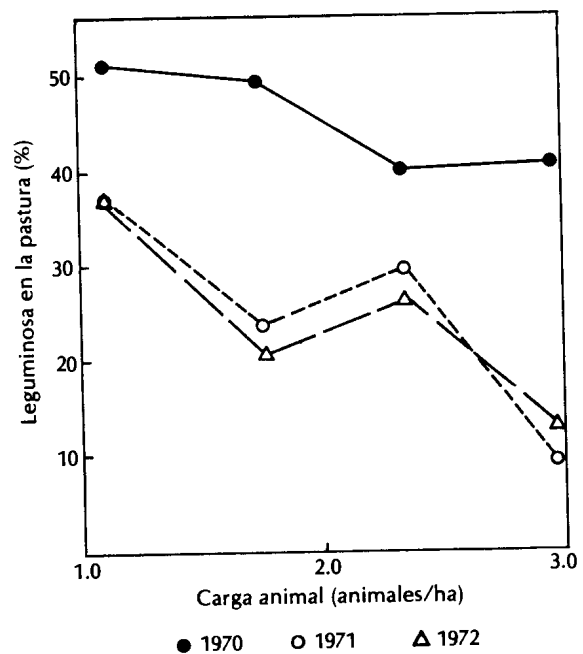
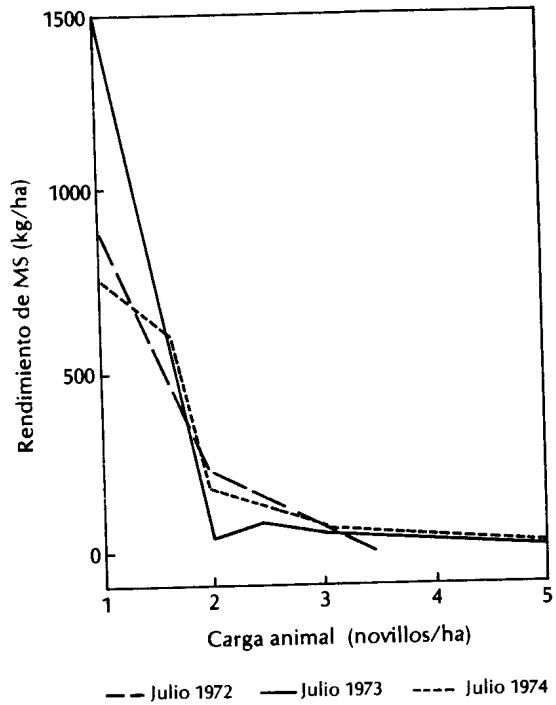


Figura 10. Efecto de la capacidad de carga en el rendimiento de las leguminosas en praderas de *Siratro/Setaria Kuzungula*, durante el mes de julio de los años 1972, 1973, y 1974, en Koumala, Queensland Central.
FUENTE: Walker, B., 1975.



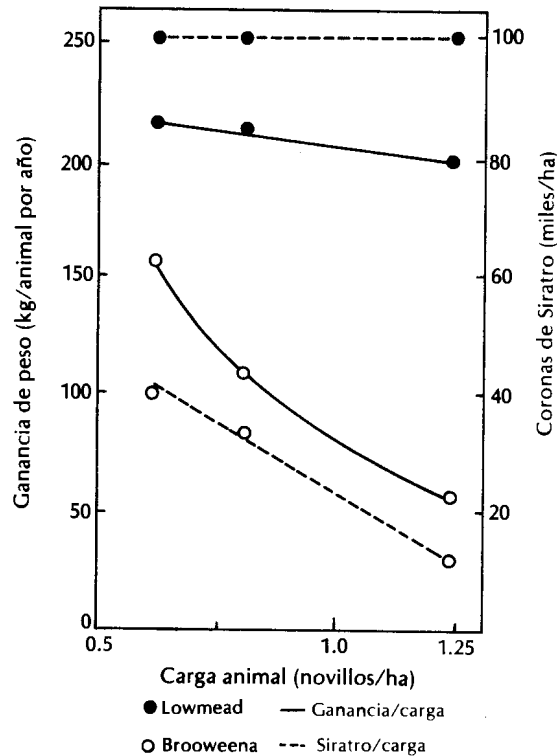


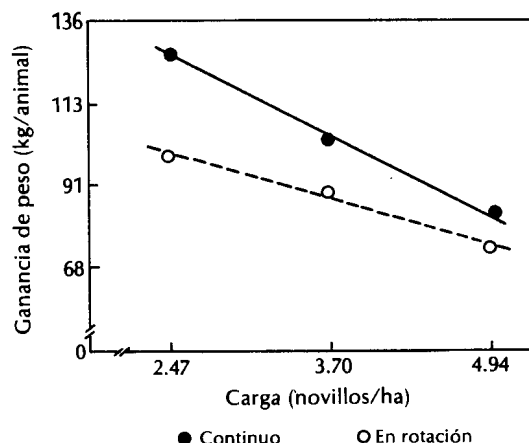
Figura 11. Relación entre la carga animal, la ganancia de peso por animal, y el número de coronas de Siratro, en dos localidades de Queensland, Australia, durante el quinto año de pastoreo, 1970. FUENTE: Bisset, W.J. y Marlowe, G.W.C., 1974.

Sistemas de pastoreo

La mayor parte de los trabajos de investigación en utilización de praderas tropicales de gramíneas y leguminosas asociadas se han realizado en condiciones de pastoreo continuo, y se ha creído que las ventajas del pastoreo rotacional se presentan únicamente con cargas altas. Grof y Harding (1970) encontraron, en el trópico húmedo de Australia, mayor producción animal en un sistema de pastoreo alterno con dos potreros de *Panicum maximum* asociado con *Centrosema pubescens*, y empleando cargas altas; Stobbs (1969), en cambio, en una región de Uganda con un período seco muy definido, no encontró diferencias significativas entre pastoreo continuo y pastoreo rotacional con 3 y 6 potreros, respectivamente, en una asociación de *P. maximum* y Siratro, y con cargas altas. Riewe (1976) señaló que en los estudios en que se comparan sistemas de pastoreo continuo y rotacional, en asociaciones de gramíneas y leguminosas de la zona templada y aplicando diferentes cargas, se presenta invariablemente una interacción, de tal modo que las cargas bajas favorecen el pastoreo continuo mientras que las cargas altas favorecen el pastoreo rotacional (Figura 12).

Si bien es cierto que ningún trabajo ha señalado ventajas en producción animal con el sistema de pastoreo rotacional en comparación con el pastoreo continuo—en praderas de gramíneas y leguminosas asociadas—se considera posible que, a largo plazo, se necesite algún sistema de pastoreo intermitente cuando se usan cargas relativamente altas, para favorecer la persistencia de las leguminosas (Stobbs, 1969).

Figura 12. Efecto de la carga animal en la ganancia de peso anual por novillo, en una pastura de Dallis-Trébol Blanco, con pastoreo continuo y en rotación (rotacional) de 5 y 25 días.
FUENTE: Riewe, M.E., 1976.



Esta afirmación ha sido respaldada con datos de Jones (1979) quien encontró que la disminución en el rendimiento de Siratro, a consecuencia del aumento en la carga animal fue menos marcada cuando la frecuencia de pastoreo era de nueve semanas que cuando era de tres semanas; al mismo tiempo, la invasión de malezas fue menor aplicando la primera frecuencia. Este efecto se asoció, principalmente, con cargas altas. Es evidente la necesidad de adelantar trabajos de investigación similares a largo plazo, sobre todo en ecosistemas de trópico húmedo, empleando leguminosas agresivas en las cuales la preferencia demostrada por el animal pudiera ser menor durante el año en comparación con la de las gramíneas acompañantes, debido a la falta de períodos secos bien definidos.

Evans (1982) considera que el beneficio derivado del pastoreo rotacional podría estar más relacionado con el balance de las especies que componen la pradera, que con el aumento del valor nutritivo del forraje o con la producción animal. Sin embargo, en ambientes donde se presente una gran variación estacional en el consumo de leguminosas agresivas y de baja palatabilidad en relación con el consumo de las gramíneas acompañantes, la producción animal podría verse limitada por el predominio de las leguminosas de la asociación. Esto ocurrió en Carimagua en una asociación de *Desmodium ovalifolium* con gramíneas de buena palatabilidad relativa, como *B. decumbens* y *A. gayanus*; en esas praderas la producción animal disminuyó significativamente cuando la leguminosa se volvió dominante (CIAT, 1980).

Períodos de descanso

La duración del período de descanso está directamente relacionada con el sistema de pastoreo rotacional. Existe una interacción entre la defoliación del pasto por los animales, el área foliar presente después del pastoreo, y el período de descanso de la pradera entre pastoreos, que determina la producción del pasto (Campbell, 1966a). De acuerdo con esa relación, la velocidad de rebrote de la pradera depende del índice de área foliar (IAF) del residuo después del pastoreo, y se define como la superficie de las hojas activas de ese residuo presentes por unidad de superficie del suelo. Paladines

(1972) explica que, según este concepto, se logra la mejor utilización de la pradera si la defoliación se realiza cuando el IAF haya rebasado apenas su punto óptimo y no exceda su punto mínimo—lo que afectaría la síntesis de carbohidratos del pasto residual; ese punto óptimo, sin embargo, no es fácil de determinar en la práctica.

El IAF óptimo estaría relacionado con las características de las especies forrajeras en lo referente a la acumulación de reservas de carbohidratos en las raíces, en la presencia de puntos de crecimiento activos, en el balance entre la capacidad fotosintética y la transpiración, y en otras funciones de las que depende mucho el tipo de manejo apropiado para una mejor persistencia de la pradera. La aplicación de este concepto al manejo de praderas exigiría períodos cortos de pastoreo y períodos largos de descanso. En condiciones tropicales, ese concepto tendría que ser modificado de acuerdo con las características de las especies forrajeras, y con el régimen y distribución de lluvias, ya que, normalmente, los períodos largos de descanso conducen a una disminución en la calidad del forraje, que podría afectar la producción animal.

Selección del germoplasma

Se considera, en general, que el germoplasma que se seleccione para usarlo como componente de praderas, además de estar caracterizado por su adaptación al ecosistema y a los factores limitantes de la producción, debería ser evaluado respecto a su capacidad de tolerar defoliaciones frecuentes bajo diferentes intensidades de pastoreo. Sin embargo, Blazer et al (1974) señalan que el método y la intensidad del pastoreo deberían, más bien, basarse en las características morfológicas y fisiológicas de las especies forrajeras. Así, por ejemplo, estos autores indican que el método y la intensidad del pastoreo son menos importantes tratándose de especies anuales que de especies perennes, y que las perennes de crecimiento erecto —fácilmente defoliadas— requerirán algún tipo de pastoreo intermitente para asegurar su persistencia y la productividad animal.

Riewe (1976) dice que el comportamiento diferencial de plantas forrajeras respecto a la intensidad y al método de pastoreo, podrían explicarse en términos de hábito de crecimiento y respuesta fisiológica a la defoliación. En especies de hábito erecto, palatables y de fácil defoliación, el rebrote crece a expensas de los carbohidratos de reserva de las raíces, mientras que en especies postradas y estoloníferas—que no son defoliadas completamente por el pastoreo—el rebrote no depende tanto de las reservas de carbohidratos en los estolones y raíces. En ambos casos se alude a especies de la zona templada y estos fenómenos no tendrían, quizás, la misma interpretación en regiones tropicales con tasas de crecimiento más altas y continuas a través del año; sin embargo, aquéllos deberían ser estudiados en las evaluaciones de germoplasma como características que pudieran estar relacionadas con la persistencia de las especies forrajeras. La capacidad de mejorar la persistencia de las leguminosas, mediante el manejo adecuado del pastoreo, dependerá en gran parte del conocimiento adquirido sobre el modo en que ese manejo afecta aspectos tan importantes de la persistencia del forraje como son: la supervivencia de las plantas, la producción de semillas en pastoreo, y la regeneración y supervivencia de plántulas nuevas (Jones y Mott, 1980).

Las condiciones socio-económicas que rodean los sistemas de producción ganadera en el trópico americano exigen especies de pasto tolerantes al estrés bajo pastoreo continuo, y que respondan al manejo simple o a muy escaso manejo; por consiguiente, la selección del germoplasma forrajero deberá fundarse en esas características. No obstante, otras especies de gran valor forrajero pero que requieren mejor manejo podrían considerarse útiles para sistemas de producción específicos.

Referencias

- Bisset, W. J. y Marlowe, G.W.C. 1974. Productivity and dynamics of two Siratro based pastures in the Burnett coastal foothills of southeast Queensland. *Trop Grasslands* 8:17-24.
- Blaser, R.E.; Jahn, E.; y Hammes, R.C., Jr. 1974. Evaluation of forage in animal research. En: van Keuren, R.W. et al. (eds.). *Systems analysis in forage crop production and utilization*. Special publication no. 6. Crop Science Soc. of Am., Madison, Wisconsin. p. 12-16.
- Campbell, A.G. 1966a. The dynamics of grazed mesophytic pastures. *International Grassland Congress*, 10o., Helsinki. *Memorias*. p. 458-463.
- . 1966b. Grazed pasture parameters. I. Pasture dry matter production and grazing management experiment with dairy cows. *J. Agric. Sci.* 67:199-209.
- Catchpoole, V.R. y Henzell, E.F. 1971. Silage and silage-making from tropical herbage species. *Herbage Abstracts* 41:213-221.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1980. *Informe Anual del Programa de Pastos Tropicales, 1979*. Cali, Colombia. 186 p.
- . 1982. *Informe Anual del Programa de Pastos Tropicales, 1981*. Cali, Colombia. 310 p.
- Cowlshaw, S. J. 1969. The carrying capacity of pastures. *Journal of the British Grassland Soc.* 24:207-214.
- Edye, L.A.; Williams, W.T.; Winter, W. H. 1978. Seasonal relations between animal gain, pasture production and stocking rate on two tropical grass-legume pastures. *Aust. J. Agric. Res.* 29:103-113.
- Evans, T.R. 1982. Overcoming nutritional limitations through pasture management. En: Hacker, J.B. (ed.). *Nutritional limits to animal production from pastures*. Commonwealth Agricultural Bureau, p. 343-361.
- Grof, B.; y Harding, W.A.T. 1970. Dry matter yields and animal production of guinea grass (*Panicum maximum*) on the humid tropical coast of north Queensland. *Tropical Grassland* 4:85-95.
- Hutton, E. M. 1970. Tropical pastures. En: Brady, N.C. (ed.). *Advances in Agronomy*. 22:1-73.
- ICA-CIAT (Instituto Colombiano Agropecuario, Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. *Informe de investigación, CNIA, Carimagua. 1980-1981*. (en prensa).
- Jasiorowski, H.A. 1973. Twenty years with no progress. *World Animal Review* 5:1-5.
- Johnson, W. L. 1970. Métodos de estudiar el consumo voluntario de pastos de corte. En: Universidad Nacional Agraria. *Curso de metodología de investigación en forrajes*, vol. II. Ministerio de Agricultura, La Molina, Perú. p. 157-178.
- Jones, R.J. 1974. The relation of animal and pasture production to stocking rate on legume based and nitrogen fertilized subtropical pastures. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 10:340-342.
- y Sandland, R.L. 1974. The relation between animal gain and stocking rate; derivation of the relation from the results of grazing trials. *J. of Agric. Sci.* 83:335-342.

- Jones, R.M. 1979. Effect of stocking rate and grazing frequency on a Siratro (*Macroptilium atropurpureum*)/-*Setaria anceps* cv. Nandi pasture. Aust. J. Exp. Anim. Agric. Husb. 19:318-324.
- y Mott, J.J. 1980. Population dynamics in grazed pastures. Trop. Grassland 14:218-224.
- *t Mannelje, L. 1972. The effects of some management practices on pasture production. Tropical Grasslands 6:260-263.
- y Nichols, D.F. 1974. Beef production from pastures on granitic soils. En: CSIRO Division of Tropical Agronomy. Annual report 1973-1974. Brisbane, Australia, p. 24-25.
- Miller, T.B.; Blair Rains, A.; y Thorpe, R. J. 1963. The nutritive value and agronomic aspects of some fodders in Northern Nigeria. II. Silages. J. Brit. Grassland Soc. 18:223-299.
- Mott, G. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. International Grassland Congress, 8o., Reading, England. Memorias, p. 606-611.
- Noy-Meir, I. 1978. Recent advances in research: Pasture utilization. Conferencia Mundial de Production Animal, 4a., Buenos Aires, Argentina. vol. I. p. 375-389.
- Olubajo, F.O. y Oyenuga, V. A. 1971. The measurement of yield, voluntary intake and animal production of tropical pasture mixtures. J. Agric. Sci. 77:1-4.
- Okorie, I.I., Hill, D.H.; McIlroy, R.J. 1965. The productivity and nutritive value of tropical grass/legume pastures rotationally grazed by N'Dama cattle at Ibadan, Nigeria. J. Agric. Sci. 64:235-245.
- Paladines, O. 1972. Métodos para los estudios sobre utilización de la pradera. En: Universidad Nacional Agraria La Molina/IICA/Misión agrícola USAID-Perú. Seminario de utilización de animales en la evaluación de la pradera. Tomo 2. Arequipa, Perú. p. 37-102.
- Partridge, I. J. 1979. Improvement of Nadi blue grass (*Dichanthium caricosum*) pastures on hill land in Fiji with superphosphate and Siratro: Effects of stocking rate on beef production and botanical composition. Tropical Grasslands 13:157-164.
- Riewe, M.E. 1961. Use of the relationship of stocking rate to gain of cattle in an experimental design for grazing trials. Agronomy J. 53:309-313.
- . 1976. Principles of grazing management. En: Holt, E.C. et al. (eds.). Grasses and legumes in Texas: development, production and utilization. Research monograph 6. The Texas Agricultural Experiment Station, Texas, E.U.
- Roberts, C.R. 1979. Algunas causas comunes del fracaso de praderas de leguminosas y gramíneas tropicales en fincas comerciales, y posibles soluciones. En: Tergas, L.E., y Sánchez, P.A. (eds.). Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. CIAT, Cali, Colombia, p. 427-445.
- Shaw, N. H. 1978. Superphosphate and stocking rate effects on a native pasture oversown with *Stylosanthes humilis* in central coastal Queensland. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 18:800-807.
- Stobbs, T. H. 1969. The effect of grazing management upon pasture productivity in Uganda. III. Rotational and continuous grazing. Trop. Agriculture (Trinidad) 46:293-301.
- . 1974. Beef production from sown and planted pastures in the tropics. En: Smith, A.J. (ed.). Beef cattle production in developing countries. Memorias. Univ. of Edinburgh Centre for Tropical Veterinary Medicine, Edinburgh, p. 164-183.
- . 1975. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. Trop. Grasslands 9:141-150.
- Stuth, J.W.; Kirby, D.R.; y Chmielewski, R.E. 1981. Effect of herbage allowance on the efficiency of defoliation by grazing animals. Grass and Forage Science 36:9-51.
- Tergas, L.E. 1979. Conservación de forrajes: limitaciones y usos en suelos ácidos e infértiles del trópico. En: CIAT. Curso intensivo de adiestramiento sobre investigación en pastos tropicales. Cali, Colombia. (mimeografiado), 19 p.

- . 1982. Contribución de las leguminosas forrajeras a la producción animal en praderas tropicales. CIAT, Cali, Colombia. Seminario Interno.
- ; Paladines, O.; y Kleinheisterkamp, I. 1982. Productividad animal y manejo de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. En: Simposio sobre el Cerrado, 6o., Brasilia, octubre 1982. (en impresión).
- Toledo, J.M. y Morales, V.A. 1979. Establecimiento y manejo de praderas mejoradas en la Amazonia peruana. En: Tergas, L.E. y Sánchez, P.A. (eds.). Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos, Cali, Colombia, 1978. Memorias. CIAT, Cali, Colombia. p. 191-209.
- Vicente-Chandler, J.; Caro-Costas, R.; Pearson, R.W.; Abruña, F.; Figarella, J.; y Silva, S. 1967. El manejo intensivo de forrajeras tropicales en Puerto Rico. Boletín 202. Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico, Rio Piedras. 169 p.
- Vilela, H.; Tonelli, L.A.; dos Reis, W.C.; Possato, J.R.; Vilela, D.; y García, A.B. 1978. Relatorio programa especial de pastagens. Núcleo Regional de Minas Gerais. EMBRATER/EMATER-MG. p. 26.
- Walker, B. 1975. Stocking rates; effects on pasture quantity and quality. Aust. Inst. of Agric. Sci. Univ. of Queensland. p. 104-116.
- Whyte, R. O. 1962. The myth of tropical grasslands. Trop. Agriculture (Trinidad) 39:1-11.

Dinámica de la descarga de la pastura y su arquitectura

Juan Gastó*

Resumen

Se presenta un análisis de las relaciones entre la forma del pastizal o pastura—expresada aquélla mediante su arquitectura en el ecosistema—y la dinámica de la descarga en la pastura que utiliza el ganado. El objetivo de la búsqueda y del planteamiento de relaciones de esta naturaleza es establecer un marco conceptual que ayude al fitogenetista a tomar decisiones sobre el mejoramiento de especies destinadas a la pastura.

En la primera parte de este estudio se analiza la arquitectura de la pastura tanto respecto a la forma de la fitocenosis como al diseño de formas mejoradas. Se presenta, además una función general de arquitectura que permite describir la forma de la planta.

En la segunda parte del estudio se describen y comparan diversos modelos de descarga, aplicables a procesos específicos de naturaleza biótica y abiótica. De estos antecedentes se deduce una función general de descarga de la pastura, que se analiza, a su vez, como un flujo de forraje desde la fitocenosis a la zoocenosis. Algunos parámetros relacionados con la descarga, tales como la intensidad del pastoreo y la intensidad de la utilización, así como el costo ecológico de la cosecha, se incluyen también en el trabajo.

Finalmente, como un ejemplo de proceso de descarga, se describe la descarga de una pradera anual mediterránea.

* Profesor, Facultad de Agronomía, Universidad Católica, Santiago, Chile.

Introducción¹

La pastura, considerada como un sistema ecológico, se comporta igual que un acumulador de materia, energía e información, cuya finalidad es liberar posteriormente la carga acumulada como un flujo de forraje hacia el organismo consumidor. Las modalidades y la capacidad de acumulación y de liberación de la carga están relacionadas con los componentes del sistema de pastura y con sus conexiones. El forraje o alimento que produce la pastura es apenas una fracción de uno de tantos componentes del ecosistema, la planta forrajera, de la cual sólo se utilizan algunos órganos y tejidos.

El objetivo perseguido en el fitomejoramiento de especies forrajeras debe ser la modificación de genotipos ya existentes que, al ser introducidos en ecosistemas de pastura, produzcan fenotipos que permitan mejorar la calidad de ésta. En otras palabras, se trata de generar germoplasma que será empleado en el mejoramiento de la pastura, y no de mejorar directamente la pastura.

Uno de los atributos que se buscan al mejorar plantas forrajeras es su capacidad de acumular carga en forma de materia seca digestible. Dadas las características del sistema, tanto la arquitectura que debe tener la planta como la localización y magnitud de sus órganos de almacenamiento regulan la capacidad de carga de la planta. La fitocenosis debe, pues, considerarse como la estructura de almacenamiento de nutrientes digestibles del ecosistema.

Las características de la descarga de la fitocenosis de la pastura—al ser sometida a la acción de un cosechador, en este caso el hervívoro—deben ser armónicas con el sistema y con los requerimientos del cosechador. Este propósito se logra al diseñar plantas y pasturas con estructuras que, además de adaptarse al sistema donde se desarrollen, poseen las características que generen un proceso de descarga de mayor aproximación al punto óptimo.

No basta con disponer de especies o cultivares—o ambas clases—de plantas forrajeras que sean de alta calidad bromatológica, y cuya producción de forraje sea grande. Es menester que esos componentes—especies o cultivares—se ajusten a los demás componentes del sistema ecológico. El fitomejorador ignora, a menudo, esta restricción sin la cual no es posible desarrollar sistemas de pasturas que exhiban, en magnitud suficiente, atributos tales como homeostasis, resiliencia, estabilidad, longevidad, armonía, periodicidad y otros, que se consideran esenciales para el normal funcionamiento del sistema. Esos componentes deben, además, presentar una arquitectura que genere funciones de descarga compatibles con las necesidades del cosechador.

Aunque es factible describir la arquitectura de una pastura mediante una función, y también caracterizar la descarga de una arquitectura dada, se considera que en el mejoramiento de las pasturas deben buscarse genotipos que se expresen como fenotipos compatibles con los requerimientos de descarga propios del óptimo deseado en el sistema ganadero considerado como un todo. En la primera parte de este estudio, por tanto, se hace un análisis general de la arquitectura de la planta respecto a su forma y

¹. Ver el Glosario, al final de este trabajo.

diseño. Diversos modelos han sido empleados para describir la descarga de sistemas físicos, químicos, mecánicos, o biológicos. El análisis comparativo de estos modelos arroja un modelo general capaz de describir la descarga del ecosistema, el cual se analiza como un modelo de flujo.

El presente trabajo analiza así el planteamiento desarrollado durante más de una década sobre un tema de interés tanto para los especialistas en praderas y en ganadería como para los fitomejoradores. La información empírica de que se dispone considera los planteamientos teóricos generales como altamente congruentes con los resultados de campo. Por su simplicidad, el planteamiento y el modelo de resolución son una aproximación a una solución natural del problema de la descarga de la pastura, a la vez que entregan herramientas sencillas de cuantificación.

Descarga

Hay en la naturaleza diversos modelos de sistemas físicos y biológicos que, al ser descargados, manifiestan un comportamiento similar (Krebs, 1977). En esos sistemas se consideran como ejemplos de procesos de descarga la degradación del mantillo en un bosque, el perfil de intensidad luminosa, una reacción química de primer orden, la reducción de las cohortes de las poblaciones de salmón del Atlántico, la desaparición de productos de la digestión desde el rumen, la descarga de un condensador con una resistencia, y la cosecha de fitoplancton por el zooplancton. Estos procesos de los diversos sistemas representan un mismo fenómeno, gobernado por un mismo principio (González, 1977) y descrito por una ecuación exponencial cuyo exponente tiene valor negativo. Inductivamente, por tanto, se puede suponer que la cosecha de la pradera se ajusta a la misma ecuación general (González, Gastó y Olivares, 1980).

Algunos de esos procesos que ocurren en los sistemas se detallan a continuación:

- a. Degradación—por acción de los microorganismos—del mantillo de un bosque generado por la caída de hojas, ramas y otros restos vegetales, fenómeno que se ajusta a la siguiente ecuación (Olson, 1963; Clark y Paul, 1970):

$$\frac{x}{x_0} = e^{-kt} \quad (1)$$

donde: x_0 = la cantidad inicial de mantillo;
 x = la cantidad de mantillo residual al tiempo t ; y
 k = el coeficiente de descomposición.

- b. Reducción de la cohorte en las poblaciones del salmón del Atlántico (*Salmo salar*), la cual se ajusta a la siguiente ecuación:

$$N_t = N_0 e^{-zt} \quad (2)$$

donde: N_t = el número de ejemplares presentes al tiempo t ;
 N_0 = el número de ejemplares presentes al tiempo inicial t_c ; y
 z = el coeficiente exponencial de desaparición, o tasa neta de pérdida (Gee, Milner y Hemsworth, 1978).

- c. La descarga de un condensador con una resistencia se ajusta a la siguiente ecuación (Kalashnikov, 1959):

$$U = E e^{-t/rc} \quad (3)$$

donde: U = el valor instantáneo de la tensión de un condensador;
 c = la capacidad del condensador;
 r = la resistencia; y
 E = la tensión del condensador al iniciar la descarga.

- d. La presión de pastoreo del zooplancton sobre el fitoplancton puede expresarse por la siguiente ecuación:

$$p = p_0 e^{-[\alpha(n) - w]t} \quad (4)$$

siendo: p = la cantidad de fitoplancton al tiempo t ;
 p_0 = la cantidad inicial de fitoplancton al tiempo t_0 ;
 n = la cantidad de nutrientes que determinan el crecimiento del fitoplancton;
 w = la tasa de eliminación; y
 α = una constante

Cuando: $\alpha(n) \rightarrow 0$,

$$p = p_0 e^{-wt} \quad (5)$$

Esta misma función fue estudiada por Colinvax (1973) y por Phillips (1978) en una población de copépodos del género *Galanus* que depredan una población de fitoplancton compuesto por algas *Clamidomonas*, obteniendo la siguiente ecuación:

$$C_t = C_0 e^{-kt} \quad (6)$$

donde: C_t = concentración de *Clamidomonas* al tiempo t ; C_0 = concentración inicial de *Clamidomonas* al tiempo inicial t_0 ; y k = coeficiente de desaparición.¹

1. Otros procesos, ya mencionados, se describen en seguida:

- Extinción de la luz en una comunidad vegetal. Monsi y Saeki (1953) y Saeki (1963) observaron que la intensidad luminosa que recibe una cubierta vegetal se reduce a medida que el rayo de luz penetra en el dosel de follaje, de acuerdo con la siguiente ecuación que describe la Ley de Bouger (Reifsnyder y Lull, 1965):

$$\frac{I}{I_0} = e^{-kF} \quad (a)$$

donde: k = el coeficiente de extinción de la luz, que es constante en cada caso;
 I_0 = la intensidad luminosa a una altura x ;
 F = el índice de área foliar acumulado desde la parte más alta del dosel de follaje hasta la altura x que se considere.

- Cinética de una reacción de primer orden (Pauling, 1967):

$$[A] = [A_0] e^{-kt} \quad (b)$$

donde: $[A]$ = La concentración de A en un tiempo cualquiera;
 $[A_0]$ = la concentración de A al tiempo t_0 ;
 k = el coeficiente de reacción;

(Continúa en página siguiente)

Es posible suponer que el cambio neto producido en el sistema corresponda a la carga menos la descarga (Olson, 1963; Noy-Meir, 1975). Planteando el problema en esta forma y de acuerdo con la ley de conservación de la energía, se tiene que:

$$\frac{v_Q}{v_t} = \frac{v_G}{v_t} - \frac{v_Q}{v_v} \quad (7)$$

Esta ecuación señala que los cambios en la carga (v_Q / v_t) son una secuencia de los cambios producidos por el crecimiento en el tiempo (v_G / v_t), menos los cambios producidos por la cosecha al aumentar la intensidad del pastoreo (v_Q / v_v).

Si se considera un sistema cuya tasa de carga (v_Q / v_t) está cercana a cero, el cambio neto producido en él se debe a la descarga. Además, la descarga es una variable dependiente de la carga presente. El sistema considerado presenta los parámetros siguientes:

- Q = carga total presente al momento de iniciar el proceso de descarga;
- C = carga presente no cosechable;
- k = tasa intrínseca de descarga.

Estos parámetros pueden ser considerados como constantes para un sistema y tiempo dados. La variable dependiente Q corresponde a la carga presente en un instante dado, y se expresa en kg/ha de materia seca. La variable independiente v representa unidades de intensidad de pastoreo—(zoomasa • tiempo)/unidad de superficie—expresándose usualmente en toneladas • hora/ha.

Se considera que las variaciones en la carga se deben a la cosecha—siendo ésta última proporcional a la cantidad de carga presente Q, menos la carga no disponible C—y siendo, además, proporcional a la tasa intrínseca de descarga k; por tanto,

$$\frac{dQ}{dv} = -k(Q - C) \quad (8)$$

Resolviendo la ecuación diferencial, se obtiene la solución:

$$Q = (Q_0 - C) e^{-kv} + C \quad (9)$$

Algunos autores han ajustado curvas de descarga de la pradera a esta ecuación, haciendo pastorear praderas de secano con altas densidades animales (Olivares y Gastó, 1979; González, 1979; Gastó y Olivares, 1982).

(Viene de página anterior)

- Desaparición de productos desde el rumen. Este proceso de los mamíferos se ciñe a la ecuación siguiente:

$$x = e^{-kt} \quad (c)$$

donde: x = la fracción del producto al tiempo t; y
k = el coeficiente de desaparición del producto.

El producto puede ser una parte de la planta o algún elemento nutritivo (Laredo y Minson, 1975; Berger y Yokohama, 1977). La expresión (c) es un caso especial de (1) donde $x_0 = 1$; la unidad representa el todo, y el valor de x es siempre una fracción de 1.

Descarga como un flujo

La descarga de una pradera por el ganado se puede considerar de manera análoga al flujo, de tal manera que:

$$J_p = \frac{Q}{A \cdot v} \quad (10)$$

donde: J_p = el flujo de forraje desde la pradera al animal;
 Q = la cantidad de forraje cosechado por el ganado para su ingestión;
 A = el área sometida a pastoreo; y
 v = la intensidad de pastoreo.

Conforme a la expresión anterior, el flujo de forraje recibe las siguientes unidades:

$$J_p = \frac{\text{masa de forraje}}{\text{superficie} \cdot [(\text{zoomasa} \cdot \text{tiempo})/\text{superficie}]}$$

El flujo de forraje J_p está determinado por la diferencia de potencial existente entre el estado del sistema pratense en un instante dado y su estado final, llamados potencial real Q y potencial mínimo consumible C , respectivamente.

El potencial corresponde a una propiedad emergente de la arquitectura de la pradera, la cual es función del arreglo topológico y del tamaño y número de los componentes de la pradera. En la práctica, es posible utilizar, como índice de la magnitud del potencial de la pradera, el contenido de materia seca por unidad de área. De esta manera, el potencial actual corresponde al valor, como masa, de la materia seca del forraje presente por unidad de área pratense, en tanto que el potencial mínimo corresponde a la masa de materia seca por unidad de área, no disponible por el ganado. Los estados de la pradera sometida a un proceso de descarga se encuentran a una distancia topológica (L), determinada por la arquitectura (Λ) de los mismos estados considerados.

El flujo del forraje puede expresarse, de manera análoga a la ecuación de flujo, mediante la siguiente expresión:

$$J_p = K' \frac{Q - C}{L \Lambda} \quad (11)$$

Cuantificar la conductividad K' y la distancia topológica L es una labor compleja; por ello, la relación entre ambas se plantea como una resistencia a la descarga, cuya expresión final es:

$$J_p = \frac{Q - C}{R_p} \quad (12)$$

donde: R_p = resistencia al flujo de forraje, representada por la relación $L\Lambda/K'$

En la práctica, el flujo del forraje desde la pradera hacia el animal se puede calcular derivando la ecuación general de descarga, ecuación (9), que relaciona la carga presente, Q, con la intensidad de pastoreo, v:

$$\frac{dQ}{dv} = -k (Q_0 - C) e^{-kv} \quad (13)$$

Intensidad de pastoreo

Para dar una solución general al problema de la cosecha se ha propuesto una unidad de intensidad de pastoreo (v) que incluye el tiempo de permanencia de una cierta zoomasa del cosechador en un área determinada (Olivares y Gastó, 1979). En esta forma se ha introducido el concepto de [(zoomasa cosechadora) • (tiempo de cosecha)] por unidad de superficie, lo cual se puede expresar en toneladas • hora/ha.

Una (tonelada • hora/ha) equivale a la permanencia de una tonelada de zoomasa de organismos cosechadores, durante una hora, en una superficie de una hectárea:

$$\frac{\text{tonelada} \bullet \text{hora}}{\text{ha}} = w_i \bullet t \bullet A^{-1} \quad (14)$$

donde: t = tiempo, en horas;
 w_i = suma del peso vivo individual de los organismos cosechadores, expresada en toneladas;
 A = superficie sometida a pastoreo, expresada en ha.

La unidad (tonelada • hora/ha) expresa la intensidad del trabajo de pastoreo. Según la terminología propuesta por el Range Team Glossary Committee (1974), la relación zoomasa/superficie corresponde a la densidad animal instantánea; si junto a ella se considera la permanencia en pastoreo, t, se obtiene finalmente una expresión de intensidad, que responde a la unidad arriba mencionada.

Una relación más estricta implicaría el peso metabólico del animal y del producto cosechado (Spedding, 1971; Córdova, Wallace y Pieper, 1978; González, Gastó y Olivares, 1981) relación que debe ser estudiada adecuadamente. En este caso, la unidad sería la (tonelada metabólica • hora/ha), definida como la permanencia, durante una hora, de una cantidad de organismos cuyo peso metabólico, $w_i^{0.75}$, suma una tonelada, en una superficie de una hectárea:

$$\frac{\text{tonelada metabólica} \bullet \text{hora}}{\text{ha}} = w_i^{0.75} \bullet t \bullet A^{-1} \quad (15)$$

Intensidad de utilización

La intensidad de utilización (ψ) puede definirse como la relación que existe entre la descarga de una pradera ($Q_0 - Q_i$) y la carga inicial (Q_0) previa a la descarga, conforme a la siguiente ecuación:

$$\psi = \frac{Q_0 - Q_i}{Q_0} \quad (16)$$

La intensidad de utilización está relacionada con la intensidad de pastoreo (v), con la arquitectura del sistema cosechado (Λf), y con la del cosechador (Λz), de manera que:

$$\psi = f(v, \Lambda f, \Lambda z) \quad (17)$$

Esta función puede resolverse con base en la ecuación general de descarga, donde el valor de Q_i se determina en relación con la intensidad de pastoreo, v . Los demás componentes de la función general, Λf y Λz , están contenidos en la tasa intrínseca de descarga, k , en el residuo de carga no disponible, C , y en la carga inicial Q_o . La base del logaritmo natural representa la modalidad general de descarga de cualquier sistema, lo que está fundado en principios de validez general. De este modo, se tiene que:

$$\psi = \frac{Q_o - [(Q_o - C) e^{-kv} + C]}{Q_o} \quad (18)$$

La palatabilidad ha sido definida de diversas maneras (Heady, 1975; Cook, 1954; Stoddart y Smith, 1953). En el presente trabajo se la emplea con el significado de máxima intensidad de utilización de una especie forrajera aceptable ($\psi_{i \text{ máx.}}$). La aceptabilidad máxima se funda en razones de conservación relativas a la fisiología de la planta, a la ecología de la pradera, a la génesis del suelo, y a otros aspectos que determinan la inconveniencia de someter el elemento cosechado a intensidades mayores de descarga, aun cuando el cosechador pudiera estar en condiciones de descargar la pradera en más alto grado.

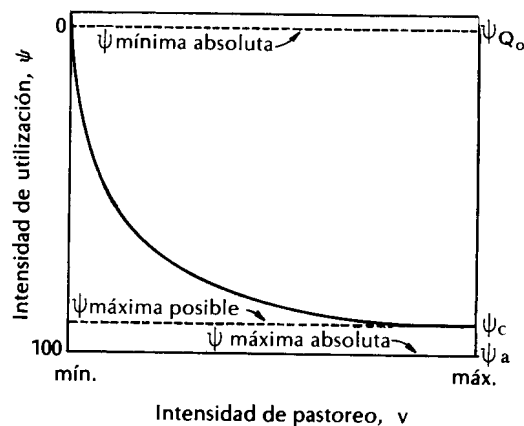
Este mismo concepto es válido para la utilización máxima de todas las especies contenidas en la pradera, práctica que se ha denominado uso adecuado de la pastura ($\psi_{f \text{ máx.}}$). La intensidad de utilización de la pradera no debe sobrepasar este valor, el cual se determina, en cada caso, de acuerdo con la arquitectura de la fitocenosis y de la zoocenosis, y mediante tablas aplicables a cada sitio y especie animal (Cook, 1954; Stoddart y Smith, 1953).

La intensidad de utilización de cada especie en una pradera (ψ_i), cuando la pradera alcanza la intensidad propia del uso adecuado, no concuerda necesariamente con su palatabilidad ($\psi_{i \text{ máx.}}$), debiendo en todo caso ser igual o menor que su palatabilidad.

El valor de $\psi_{\text{máx.}}$ de la pradera se determina según la palatabilidad de las especies que la componen y según las características propias de la pradera considerada como un conjunto ecosistémico; para hacerlo, se necesitan resultados experimentales que permitan ajustar empíricamente el factor de uso adecuado de la pradera a las condiciones ambientales. Ese valor de $\psi_{\text{máx.}}$ es, por tanto, un óptimo ecológico.

El valor calculado de la intensidad, ψ_c , en cambio, es un limitante anatómico y morfológico tanto de la fitocenosis como de la zoocenosis, que restringe intrínsecamente una mayor descarga del sistema. Por ello, este valor no es modificable por el hombre (Figura 1).

Figura 1. Relación entre la intensidad de pastoreo y la intensidad de utilización, donde se indican los máximos posibles o aceptables, de acuerdo con algún criterio de optimización. ψ_{Q_0} = intensidad inicial, previa a la descarga; ψ_c = intensidad calculada; ψ_a = intensidad absoluta; mín. = mínima; máx. = máxima.



La intensidad máxima de utilización de la pradera puede fijarse según las características fisiológicas del cosechador relacionadas con la magnitud del flujo de forraje desde la pradera hacia el animal. Este valor, aun cuando puede ser superior a la intensidad máxima ecológica, no debe—en razón de la conservación de la pradera y de su productividad a largo plazo—sobrepasar la máxima intensidad aceptable desde un punto de vista ecológico ($\psi_{\text{máx. ecol.}}$).

La intensidad óptima fisiológica puede cambiarse si se modifica el cosechador, lo cual se logra modificando la especie animal, la raza, su estado de gordura, o la época de utilización del forraje. La intensidad máxima económica ($\psi_{\text{máx. econ.}}$) debe ser igual o superior a las intensidades antes indicadas, de manera que permita lograr resultados económicos positivos dentro de un esquema de factibilidad ecológica, y de conservación tanto de la pradera como de la salud animal.

Derivación experimental de la función de descarga

Los estudios de descarga de la pradera anual mediterránea del centro de Chile se realizaron en cinco estados fenológicos diferentes. La primera época de cosecha correspondió al estado vegetativo, y la segunda, al estado de prefloración. La siguiente descarga se produjo en el estado de floración de la pradera; la época siguiente correspondió al estado de fructificación; y la última, al de madurez de la pradera (González, Gastó y Olivares, 1981).

Los resultados del proceso de descarga se ajustaron a la función general propuesta, adoptando coeficientes diferentes para cada estado de desarrollo fenológico (Cuadro 1), para cada uno de los cuales se construyó una curva de descarga (Figura 2).

Los resultados indican que cuando el forraje es abundante, la tasa de descarga es elevada. A medida que la diferencia de potencial entre la disponibilidad de forraje o de energía en un instante dado (Q_i) y la magnitud de la materia seca no cosechable (C) se va haciendo menor ($Q_i - C$), la intensidad del flujo disminuye hasta que se hace insignificante cuando Q_i se aproxima a C .

Cuadro 1. **Parámetros calculados para las curvas de descarga de la materia seca, en los distintos períodos de cosecha.**

Estado fenológico	Disponibilidad inicial, Q_0 (kg MS/ha)	Tasa intrínseca de descarga, k	Potencial mínimo cosechable, C (kg MS/ha)	Coefficiente de determinación, R^2
Vegetativo	672	1.16×10^{-3}	118	0.92
Prefloración	1057	4.42×10^{-4}	416	0.75
Floración	983	3.84×10^{-4}	305	0.91
Fructificación	1307	9.71×10^{-4}	200	0.93
Madurez	2287	1.49×10^{-3}	200	0.96

FUENTE: González B., D., 1979.

No se observaron diferencias significativas en los equivalentes energéticos dentro de cada período de descarga, por efecto, tal vez, de la alta densidad animal empleada. En realidad, uno de los efectos de utilizar una pradera con una alta densidad animal es la disminución de la selectividad (Fontenot y Blaser, 1965). Cuando la densidad de los elementos que constituyen una población presa es baja, los animales tienden a adoptar una conducta no selectiva, manteniendo las proporciones de los elementos que componen la población presa inicial (Werner y Hall, 1974; Krebs, 1977). Debido a la poca variabilidad de los equivalentes energéticos de las muestras dentro de cada período de descarga, las tasas intrínsecas de descarga, tanto de materia seca como de energía bruta, tienen un valor similar para cada estado fenológico considerado.

Considerando las curvas calculadas, no sólo para la descarga de materia seca sino también para las curvas de descarga de la energía bruta, y estudiando los resultados obtenidos por Olivares y Gastó (1978) para las curvas de descarga de la materia seca y para la curva de descarga de la energía digestible, se puede afirmar que la descarga de cualquier elemento de la pradera se ciñe a la función (9) antes descrita.

La relación entre la disponibilidad inicial en cada período de descarga—según los resultados experimentales del estudio—y la tasa intrínseca de descarga, k , de cada período de cosecha pero ajustada a la ecuación (9), indica que los valores se ajustan a una función sigmoidea (Figura 3). El coeficiente de determinación, r^2 , tiene un valor de 0.94, señalando, en este caso, que la disponibilidad de forraje actúa como un limitante de la descarga (González, Gastó, y Olivares, 1981).

El valor absoluto del flujo de forraje disminuye progresivamente (Figura 4) al aumentar la intensidad de utilización de la pradera, v . La relación entre el flujo de forraje y la intensidad del pastoreo puede ser de utilidad práctica. Conocidos los requerimientos del animal para mantener un cierto nivel de producción secundaria, se traza una línea recta, paralela a la abscisa, frente al flujo de forraje que satisface esos requerimientos; la línea recta corta la curva que describe la relación flujo-intensidad de utilización, correspondiendo a este punto un valor v_e en la abscisa. Esta intensidad de pastoreo v_e es la máxima intensidad de cosecha a la que debe ser sometida la pradera para obtener, por lo menos, el nivel de producción secundario deseado.

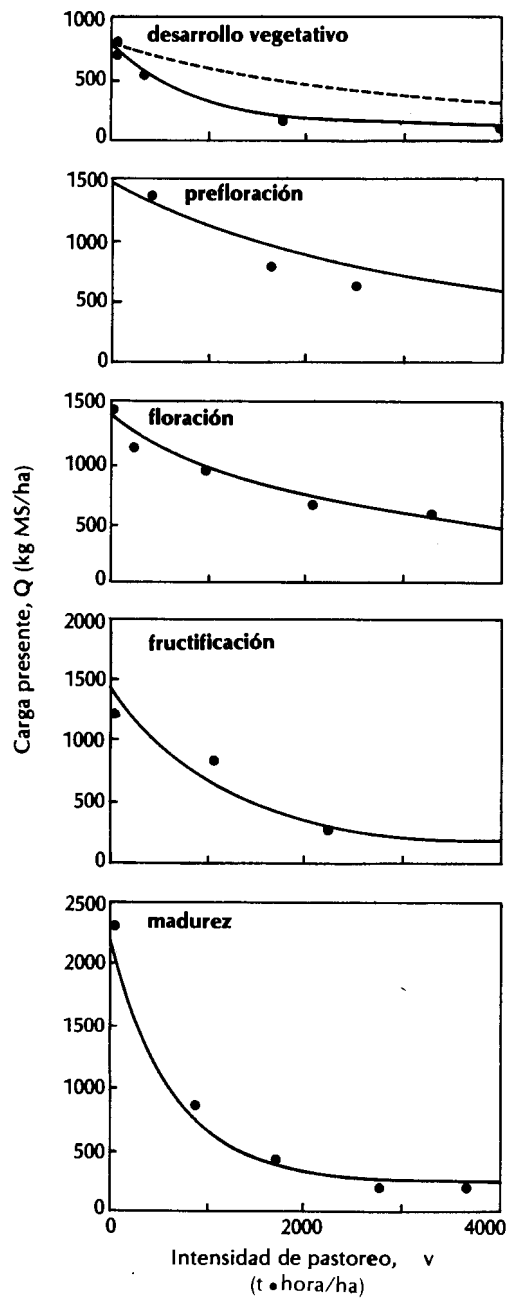


Figura 2. Curvas de descarga de la materia seca, en una pastura mediterránea anual, en diferentes estados fenológicos. FUENTE: González, C., Gastó, J., y Olivares, A., 1981.

Conocida la zoomasa en pastoreo y la superficie sometida a pastoreo, se puede determinar el tiempo de permanencia necesario para alcanzar la intensidad de pastoreo v_e .

Si se considera una determinada cantidad de forraje, la producción del herbívoro está relacionada con el consumo (Willoughby, 1959); por tanto, es posible planificar la utilización de la pradera de manera que los animales potencialmente más productivos pastoreen antes de aquéllas especies de animales de menores requerimientos (Fontenot y Blaser, 1965). Se ordena así el uso del forraje porque los rendimientos de los animales potencialmente más productivos son mayores, y el flujo de forraje es también mayor cuando las intensidades de utilización de la pradera son bajas.

Es posible establecer una relación tridimensional entre disponibilidad inicial de forraje, flujo de forraje, e intensidad de pastoreo, relación que genera una superficie de respuesta tal como la indicada en la Figura 5.

Figura 3. Variaciones en la tasa intrínseca de descarga en función de la disponibilidad inicial. (El valor \odot no se consideró por estimarse errático.)

FUENTE: González, C., Gastó, J., y Olivares, A., 1981.

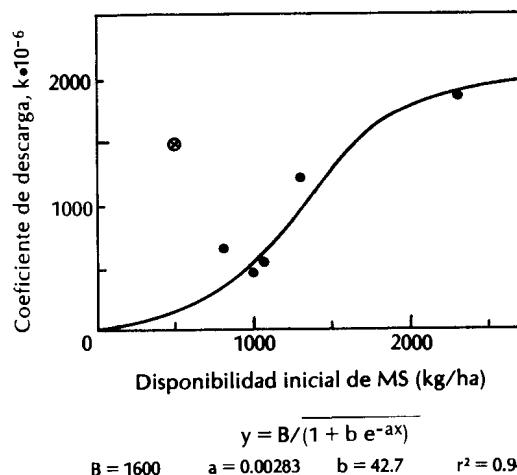
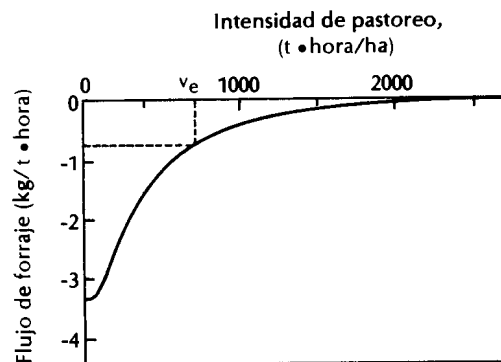


Figura 4. Variaciones en el flujo de forraje al variar la intensidad de utilización de la pradera, en el estado fenológico de madurez de las especies forrajeras.

FUENTE: González, C., Gastó, J., y Olivares, A., 1981.



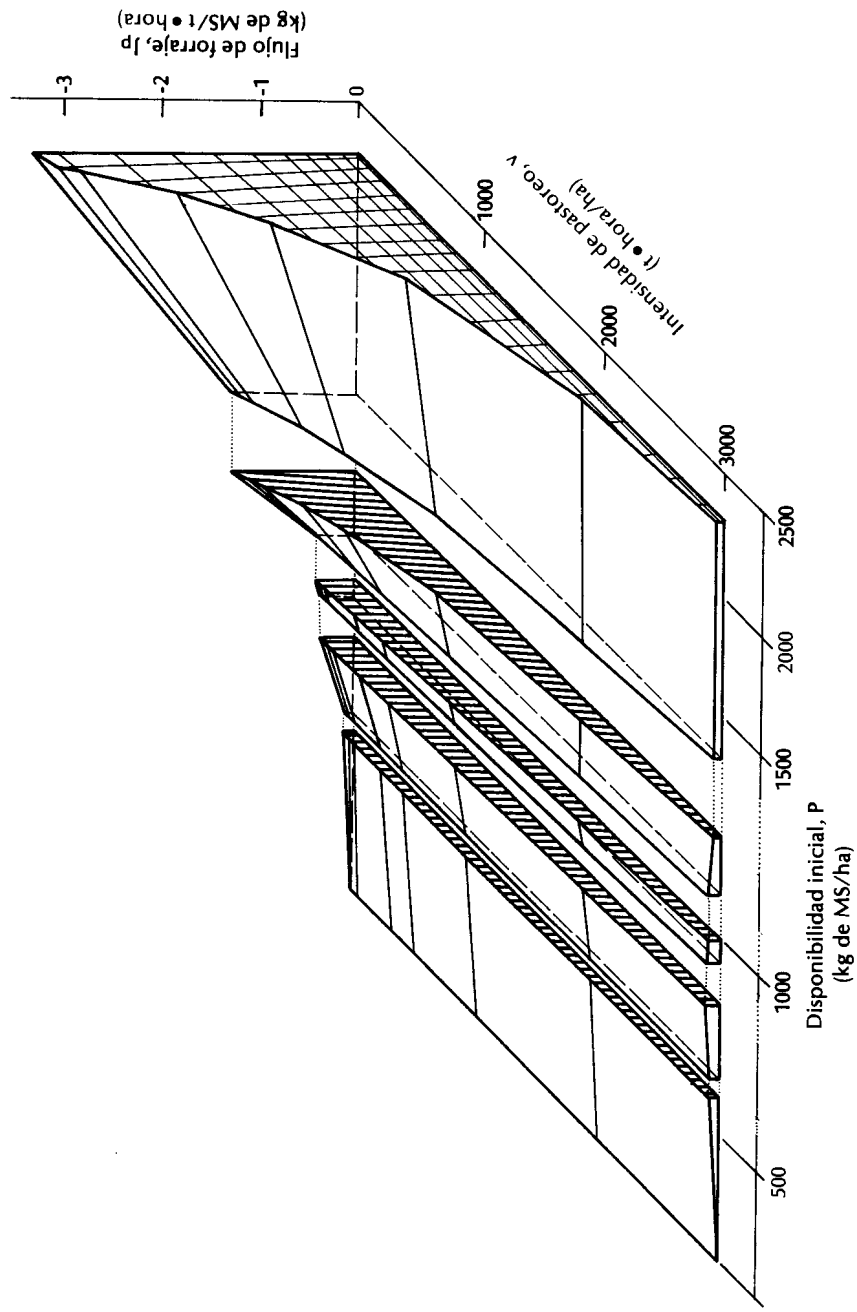


Figura 5. Superficie de respuesta que describe la utilización de la pradera. (La gráfica ha sido seccionada y explosionada hacia la derecha.)
 FUENTE: González, Gastó y Olivares, 1981.

A medida que la disponibilidad inicial de forraje aumenta, el flujo de forraje, a intensidades de pastoreo bajas, también aumenta. Al aumentar la intensidad de pastoreo, el flujo de forraje disminuye. Cuando existe una disponibilidad inicial alta, el flujo de forraje disminuye fuertemente al aumentar la intensidad de pastoreo; en cambio, cuando la disponibilidad inicial es baja, la reducción del flujo es menor que con una alta disponibilidad inicial. Esto hace que las pendientes de las curvas de descarga, para los estados fenológicos iniciales, sean menores que las pendientes de los estados fenológicos más avanzados. Es posible afirmar, en forma general, que el flujo de forraje es de escasa magnitud cuando la disponibilidad inicial es baja, o cuando la intensidad de pastoreo es alta.

Arquitectura de la pastura

La arquitectura (Λ) puede definirse como el arreglo topológico de los componentes del ecosistema (Nava, Armijo y Gastó, 1976). Se entiende por componentes de un ecosistema a las categorías topológicas de ordenamiento de la materia y la energía en un cierto nivel de información o entropía. La arquitectura representa también las diferentes modalidades que puede adquirir un conjunto de estructuras o de elementos. La integración de las diversas estructuras que contiene la pastura como sistema ecológico—arreglado espacialmente en ordenamientos y magnitudes definidas—constituye la arquitectura del ecosistema pastura.

Arquitectura y estructura, por tanto, son conceptos diferentes pero estrechamente relacionados, de manera que para un conjunto dado de estructuras, existe un conjunto de arquitecturas posibles. Un mismo grupo de elementos constitutivos de una pastura dada puede ordenarse de modos diversos que generan estilos, formas o arquitecturas diferentes (Riveros et al., 1976).

La arquitectura del ecosistema puede ser la resultante del proceso evolutivo natural que se expresa mediante la evolución genética de los organismos, por los cambios morfológicos de su plasticidad, y por las sucesiones ecológicas. En lugar de que la forma resultante sea el proceso de adaptación de la fitocenosis al medio ambiente, es factible diseñar antrópicamente la arquitectura del sistema.

Las diversas estructuras biológicas que constituyen la arquitectura del sistema pueden ser diseñadas de manera que se perpetúen a través de mecanismos genéticos. La arquitectura contiene, sin embargo, un componente no genético, derivado de la interacción entre los organismos y el medio, o bien entre éstos y los operadores del proceso de artificialización antrópica.

Forma. La caracterización de una pastura por su fitomasa en pie—presente en un instante dado—o por su valor bromatológico, no es suficiente para su descripción ni permite establecer relaciones fieles entre esta descripción y una imagen de la misma que represente el efecto y las modalidades de utilización de la pastura por el animal. Cualquier representación que se haga de la pastura, con el fin de analizar sus elementos, y procesos, y posibilidades de mejoramiento, debe incluir su forma o arquitectura (Harre, 1960).

El significado platónico—y trascendente—de forma como la naturaleza esencial de un objeto (Lotspeich, 1963) no basta para resolver problemas de tipo ecosistémico: para ello es preciso definir la forma operacionalmente según normas heurísticas convencionales. Por consiguiente, la forma de un ecosistema de pastura debe describirse mediante su arquitectura (Maelzer, 1965; Udvardy, 1959).

Resulta, pues, conveniente definir formalmente el concepto de pastura para diferenciarlo del concepto de forraje. Una pastura ha sido definida como aquellos ecosistemas cuya sinusia principal produce tejido vegetal utilizable directamente por herbívoros de consumo humano. Forraje, en cambio, es sólo el tejido vegetal utilizable directamente por el herbívoro de consumo humano. La diferencia esencial entre ambos conceptos radica en que, en el primer caso, se trata de un ecosistema *in situ*, y en el segundo, de uno de los componentes del ecosistema, a saber, la fitocenosis, que no contiene ninguna connotación de arreglo espacial en el sistema original sino que se integra a él con los componentes abióticos y con los demás elementos de la biocenosis, generando una arquitectura o estilo definidos.

El ordenamiento o arreglo de las variables del ecosistema está representado por los niveles de integración y por la organización topológica (Caswell et al., 1972). Simbólicamente, se representa por:

$$\sigma(\eta)$$

donde: σ representa el arreglo topológico, denotando tanto los aspectos cualitativos como cuantitativos, y η es el tamaño de las variables de estado que integran el sistema, es decir, el vector topológico.

Por definición, la arquitectura (Λ) es:

$$\Lambda = f(\sigma, \eta) \quad (19)$$

La categorización de arreglos topológicos definidos implica el tamaño de cada categoría. El tamaño está representado simbólicamente por el vector η cuyos componentes, η_1 y η_2 , corresponden, respectivamente, al número y a la masa o volumen de los elementos topológicos. Los componentes topológicos que constituyen la arquitectura del sistema ecológico están representados por $\sigma(\eta)$. La manera de modificar un arreglo topológico dado es alterando los componentes del vector topológico, es decir, su número (η_1), su masa o volumen (η_2), y su dimensión espaciotemporal (σ). La integración de todos los componentes (a, b, \dots, z) que constituyen la arquitectura del ecosistema de pastura se representa como:

$$\Lambda = f[\sigma_a(\eta_a), \sigma_b(\eta_b), \dots, \sigma_z(\eta_z)] \quad (20)$$

El conjunto integrado de los componentes del ecosistema se comporta de manera diferente que su simple suma, puesto que aparecen atributos holísticos emergentes propios de la topología general del sistema. Estas propiedades emergentes son el resultado del cambio en las condiciones de restricción de las conexiones entre los

componentes topológicos, hecho que modifica las funciones ecológicas de los componentes del ecosistema en cuanto a las reglas de asignación de aquéllas a éstos. En otras palabras, el cambio de arreglo topológico entre componentes se logra mediante alguno de los cambios siguientes:

- cambio de número (η_1) y tamaño (η_2) de algún componente, o
- cambio de ordenamiento espacial de los componentes (σ); o
- alteración de las relaciones de intercambio de materia, energía o información de los componentes.

Forraje y pastura. Las diferencias esenciales entre forrajes y pastura se centran, por tanto, en que en la pastura:

- Hay un mayor número y diversidad de elementos que en el forraje.
- No todos sus componentes son utilizables por el herbívoro.
- El arreglo topológico (σ) de sus componentes utilizables es una consecuencia de otros atributos del sistema, y así se ha definido.

Existe, por tanto, una diferencia esencial entre forraje y pastura, que estriba en el arreglo topológico de las estructuras vegetales utilizables por el ganado. Esta diferencia—que puede ser de magnitud considerable, especialmente en pasturas caracterizadas por una alta proporción de elementos de soporte del follaje—no es considerada formalmente en los análisis de laboratorio que se practican con el fin de determinar la calidad de la pastura. En estos análisis se ignora sistemáticamente el arreglo topológico de los componentes vegetales utilizables, por lo cual con ellos sólo se puede cuantificar la calidad del forraje y no la calidad de la pastura. En el estudio de Descoings (1975) se identifican los tipos morfológicos de especies graminoides que pudieran tener, ocasionalmente, valores bromatológicos similares pero arquitecturas diferentes, generando así pasturas de calidades diferentes.

Prescindiendo, por ahora, del valor bromatológico de los tejidos y órganos de la planta, el problema puede centrarse solamente en la forma o arreglo topológico de los componentes vegetales de la pastura. La forma que, en cada caso, corresponde a un estilo determinado de arreglo topológico, tiene necesariamente un origen. El proceso correspondiente se denomina morfogénesis (Thom, 1975) y ocurre dentro del marco de acción de otros dos procesos diferentes. Uno de ellos es la evolución genética de los organismos y poblaciones, donde la acción iterativa de los mecanismos de producción de variabilidad, y la selección de los organismos mejor adaptados conducen hacia la formación de genotipos—y fenotipos—estructurados ad hoc para el sistema. El otro proceso es de sistemogénesis, el cual, a través de la sucesión ecológica, conduce hacia estados-meta que pueden concluir en una *clímax*, o bien, como ocurre usualmente, en una *disclímax*.

El resultado final de este proceso es el desarrollo de un ecosistema adaptado al medio ambiente general, donde los elementos integrantes del sistema se encuentran en armonía entre sí y con el medio. Esta situación puede no ser la ideal para el hombre y, en tal caso, es necesario diseñar una arquitectura ad hoc que permita optimizar el

sistema. En este trabajo deben integrarse fitomejoradores, ecólogos, pasticultores, zootecnistas, y otros científicos con el fin de lograr un diseño óptimo, no sólo de la planta forrajera, sino también de la pastura.

Diseño. El diseño puede definirse como la creación de modelos con el propósito de optimizar un fenómeno (Wymore, 1976). De acuerdo con esta definición, el diseño genera modelos de pastura que satisfacen un conjunto de criterios, normalmente implícitos, relacionados con el mejoramiento de una realidad—la pastura—que se manifiesta por fenómenos conocidos.

El diseño se realiza en tres etapas. La primera se inicia con una idea de la cual se derivan, al final, algunos conceptos, dentro de un proceso que implica la creación de algo que no ha existido previamente; por ello, esta etapa, rica en situaciones inesperadas y en invenciones, constituye el límite entre imaginación y realidad. La segunda etapa es aquella en que la estructura se desarrolla según una forma dada. La tercera etapa es la definición final de la estructura en sus últimos detalles; en ella el diseño se lleva a la realidad (Blumrich, 1970). Tratándose de una pastura, es preciso diseñar tanto la forma vital de la planta—lo que se logra por mecanismos genéticos—como su organización topológica, lo que ocurre a través de mecanismos ecológicos y de manejo y utilización del sistema.

Función de arquitectura

Imagen. La arquitectura de la planta—o de la fitocenosis—debe ser descrita con base en algún modelo o imagen que la represente (Flórez y García, 1972; Gary, 1976). Aunque no es posible elaborar imágenes que representen con fidelidad, con exactitud, y exhaustivamente el fenómeno, es necesario decidirse por algún modelo que corresponda, en cierta medida, a la realidad y que contenga sus elementos relevantes de acuerdo con el propósito perseguido en su elaboración. Por ello, el modelo debe ser específico.

La imagen que se elabore permitirá comprender y plantear el fenómeno tal como se presenta en la naturaleza. Una vez logrado ese objetivo, es necesario ejecutar la solución, lo que implica regresar al fenómeno. La imagen, por tanto, debe poder contrastarse con el fenómeno. En el estudio de utilización de pasturas, la imagen debe permitir la descripción cuantitativa de su descarga en una dimensión topológica, por tratarse de un sistema cuyos atributos están relacionados con la organización topológica del forraje en el ecosistema.

La elaboración de imágenes isomórficas de la arquitectura de la pastura puede hacerse por el procedimiento de cortes estratificados en la vegetación, propuesto por Monsi y Saeki (1953), el cual ha sido modificado por Gastó y Olivares (1979) para situaciones específicas, como la descripción de arbustos que crecen en forma aislada o en densidades bajas. Este procedimiento permite describir perfiles verticales de vegetación pratense.

En lugar de describir la vegetación mediante cortes de los estratos horizontales—construyendo así un perfil vertical de la vegetación—Gastó y Olivares (1979) generan una imagen concéntrica de los componentes. Se estudió un arbusto (*Atriplex repanda*)

cuya forma, al crecer aisladamente, se aproximaba a la de una semiesfera con su centro y, por ello, se le describió con una imagen ajustada a esa forma geométrica (Figura 6), donde se indicaron los componentes activos, pasivos, y de cambio de estado. De igual manera se presentaron curvas de distribución de los componentes de la fitomasa, representativos de las funciones isomórficas de la planta (Figuras 7 y 8).

Modelo homomórfico. A la luz de los planteamientos de Schinozaki et al. (1964) en trabajos relacionados con la teoría tubular—donde se comprueba la existencia de una relación entre tejido activo y pasivo—es posible establecer relaciones generales que permitan describir homomórficamente cualquier arquitectura vegetal. Partiendo de algunos de los postulados de esos autores y empleando resultados experimentales obtenidos en la caracterización de la arquitectura de la pastura, se propuso un modelo homomórfico que permite caracterizar la forma de la planta con sólo dos variables (Gastó y Olivares, 1979).

La forma de la planta debe ajustarse a las características tanto del material de constitución—especialmente del tejido de sostén, es decir, de los tallos—como de la masa y ubicación de los elementos soportados—en este caso, hojas y frutos, además de los tallos ubicados en los horizontes superiores. Existe, por tanto, una relación estrecha entre la masa soportada y la masa de sostén, la cual debe estar relacionada con la resistencia propia del material.

Schinozaki et al. (1964) determinaron una relación rectilínea entre ambas masas que caracteriza parcialmente a la planta. Se llegó, posteriormente, a la conclusión de que la función rectilínea entre follaje y tejido de sostén se descontinúa cuando la estructura de la planta aumenta más allá de cierto valor hasta que, finalmente, el incremento del soporte no viene acompañado de un incremento correspondiente del follaje.

Los resultados de ese estudio indican que la relación entre el tejido de sostén y el follaje se ajusta a una función exponencial del tipo siguiente:

$$y = A(1 - e^{-bx}) \quad (21)$$

donde: b es la pendiente de la curva;
 A es el valor de la asíntota en y , cuando la fitomasa foliar alcanza un máximo.

La importancia de esta relación reside en que con sólo conocer el valor de la asíntota y el de la pendiente, es posible describir la arquitectura de la planta (Figura 9). La caracterización de la pastura mediante la elaboración de su imagen homomórfica—tal como se ha indicado—es un requisito para el establecimiento de relaciones generales entre la arquitectura de la pastura y su función de descarga.

Discusión

Los problemas de manejo y utilización de pasturas pueden plantearse en un contexto que considere la arquitectura de la fitocenosis, concebida ésta como una unidad de carga de materia, energía, e información. Deben, además, plantearse dentro del contexto del proceso general de descarga, descrito en el marco de la ecuación general de descarga analizada en el presente trabajo.

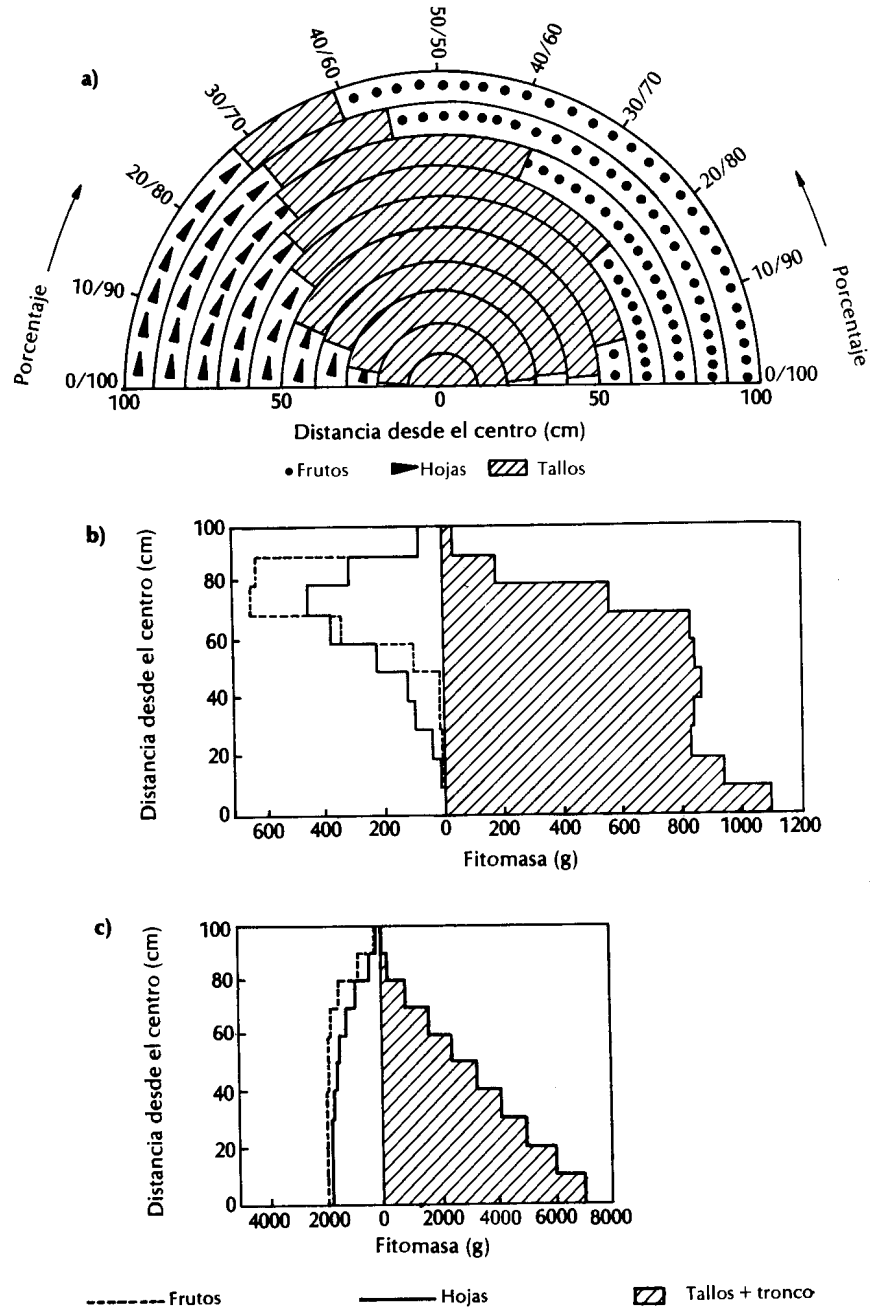


Figura 6. Imágenes isomórficas de una planta de *Atriplex repanda* Phil. en una pradera de ocho años utilizada por ganado ovino con una frecuencia de 12 meses. a) Esquema de la estratificación de los cortes en la planta de forma semiesférica. b) Estratificación no acumulativa, por horizonte, de los componentes activos, pasivos y de cambio de estado. c) Estratificación acumulativa. FUENTE: Gastó C., J. y Olivares E., A., 1979.

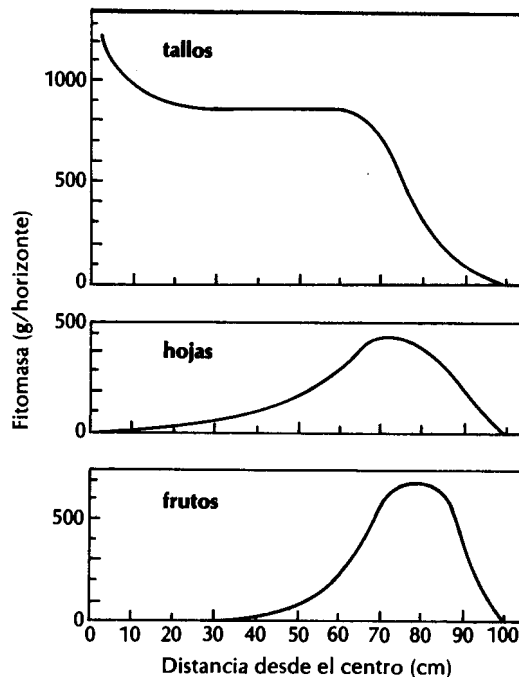


Figura 7. Imagen isomórfica de los elementos de la arquitectura de las plantas de *Atriplex repanda*, previa a su utilización, indicando la fitomasa de cada componente en los horizontes respectivos.
 FUENTE: Gastó C., J. y Olivares E., A., 1979.

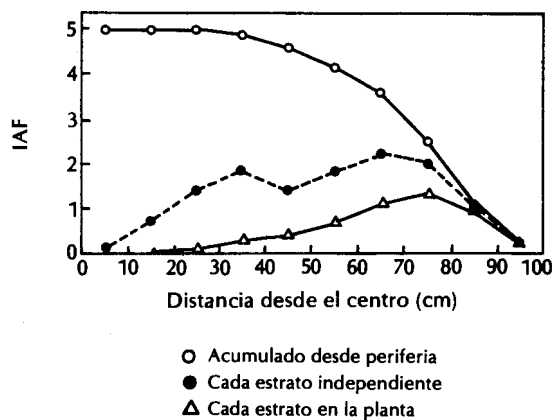


Figura 8. Imagen isomórfica del índice de área foliar de plantas de *Atriplex repanda*, previa a su utilización.
 FUENTE: Gastó C., J. y Olivares E., A., 1979.

La forma ha sido analizada desde diversos ángulos: metafísicos, físicos, geométricos, de diseño, y sobre todo, biológicos. Desde esta última dimensión, la forma adquiere múltiples expresiones, centrándose su análisis en interpretaciones anatómicas y morfológicas diversas, que en general, se distinguen por su grado de fidelidad, precisión y detalle.

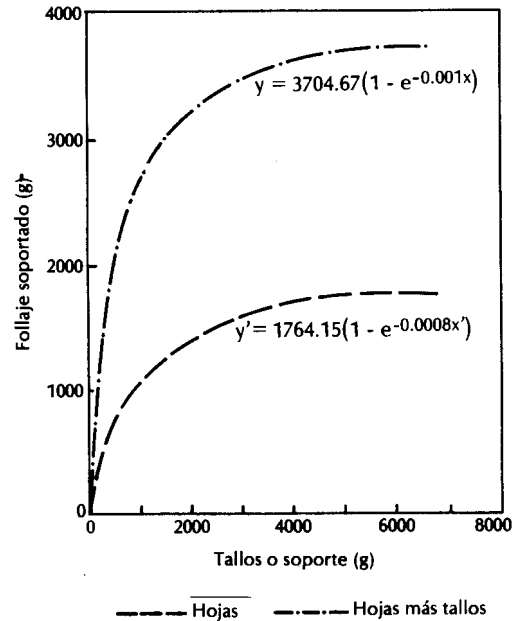


Figura 9. Modelo homomórfico de la arquitectura de *Atriplex repanda* que representa la relación entre la fitomasa del follaje —o la de éste más los frutos— y la de los tallos.

FUENTE: Gastó C., J. y Olivares E., A., 1979.

Desde la época de Linneo, los órganos florales y frutales representaron la especificidad del individuo, y por ello la morfología se concentró en esas estructuras restándole ponderación a las estructuras vegetativas. Posteriormente, con el desarrollo de la citología, de la genética y de las leyes de la herencia, la estructura celular y cromosomal adquirió mayor relieve. Sin embargo, la forma de la planta completa, o de la fitocenosis en el ecosistema, no ha recibido la atención que se merece.

En el diseño de ecosistemas pratenses se requiere, en una primera etapa, la caracterización abstracta de la forma, considerada como un conjunto de estructuras, procesos, y acontecimientos, que generan los atributos esenciales del sistema ecológico, a saber, estabilidad, homeostasis, resiliencia, productividad, longevidad y otros; estos atributos deben considerarse en el diseño genético de plantas y en el mejoramiento de praderas en general. Sin un modelo abstracto general, que sea en extremo simple y que represente fielmente el fenómeno, resulta difícil diseñar praderas. Cuando se dispone de este modelo, es necesario—en la búsqueda de mejores especies y morfologías fitocenósicas—emplear procedimientos empíricos que, mediante aproximaciones sucesivas de ensayo y error, conduzcan finalmente a la vecindad de la solución. Este proceso, aparentemente, es muy engorroso.

La pastura debe ser considerada como un acumulador natural cuyo propósito es transformar y acumular materia, energía, e información en condiciones tales que pueda descargarse según ciertas modalidades y con un flujo definido hacia el herbívoro consumidor. Los atributos de la pastura como acumulador pueden desarrollarse y

optimizarse dentro del contexto de principios y leyes generales aplicables a los acumuladores en general, y merced a una modificación de las estructuras que conforman su arquitectura.

La mínima fitomasa persistente—que permanece en la pastura—es una consecuencia de la arquitectura de la planta. Los componentes pasivos, especialmente los órganos de sostén y de defensa, pueden no ser cosechables debido a su estructura morfológica, por lo cual permanecen en la planta después de que la pastura ha sido utilizada por el animal. La conformación (arquitectura) y los hábitos del cosechador inciden también en el residuo de fitomasa no cosechable de la fitocenosis. La interacción de la arquitectura de la fitocenosis y de la zoocenosis con las modalidades de manejo y utilización del ecosistema, determinan la magnitud y cualidades de la fitomasa residual luego de la utilización de la pastura.

Caracterizar la arquitectura de la fitocenosis de la pastura, en función de sus parámetros de arquitectura y descarga, es importante para la discusión de su mejoramiento. El modelo de arquitectura y descarga, presentado en este trabajo, es una búsqueda de imágenes abstractas que permiten encontrar una solución general del problema. En esta relación entre arquitectura de la planta y sus atributos de descarga, se integra mejor tanto el problema que plantea la pastura como el fitomejoramiento de las especies que la componen.

Referencias

- Berger, G.W. y Yokohama, M.T. 1977. Productive limits to rumen fermentation. *Animal Science* 6:573-584.
- Blumrich, J.R. 1970. *Design. Science* 168:1551-1554.
- Cañas C., R. y Gastó C., J. 1974. Costo de cosecha y eficiencia de producción de ecosistemas ganaderos. *Ciencia e Investigación Agraria* 1:177-185.
- Caswell, H.; Loenig, H.E.; Resh, J.A.; y Ross, Q.E. 1972. En: Patten, B.C. (ed.). *System analysis and simulation in ecology. vol. 2.* Academic Press, N.Y.
- Clark, F.E. y Paul, E.A. 1970. The microflora of grassland. *Advances in Agronomy* 22:375-435.
- Colinvaux, P. 1973. *Introduction to ecology.* Willey and Sons, N.Y. 621 p.
- Cook, C.W. 1954. Common use of summer range by sheep and cattle. *J. Range Manage.* 7:10-13.
- Córdova, F.J.; Wallace, J.D.; Pieper, R.D. 1978. Forage intake by grazing livestock: A review. *J. Range Manage.* 31:430-438.
- Descoings, H. 1975. Les types morphologiques et biomorphologiques des especes graminoides dans les formations herbeuses tropicales. *Naturalia Monspelienis Ser. Bot.* 25:23-35.
- Flórez A., y García, A. 1972. Distribución del peso de materia seca producida a lo largo de la altura de la planta en tres especies gramíneas altoandinas. *Bol. técnico* 15. Programas forrajes, Univ. Nacional Agraria La Molina. 16 p.
- Fontenot, J.P. y Blaser, R.E. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Selection and intake by grazing animals. *J. Animal Science* 24:1202-1208.

- Gary, H.L. 1976. Crown structure and distribution of biomass in a Lodgepole pine stand. USDA Forest Service, Research Paper RM-165. 20 p.
- Gastó C., J. y Olivares E., A. 1979. Análisis cuantitativo de la arquitectura de *Atriplex repanda* Phil. Ciencia e Investigación Agraria 6:105-113.
- Gee, A.J.; Milner, A.J.; y Hemsworth, R.J. 1978. The effect of density on mortality in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). J. Animal Ecology 47:497-505.
- González B., D. 1979. Función de descarga ecosistémica; aplicación al proceso de cosecha de la pradera por el ganado. Universidad de Chile, Fac. Agronomía. Tesis. 59 p.
- ; Gastó C., J.; y Olivares E., A. 1981. Función de descarga ecosistémica; aplicación al proceso de cosecha de la pradera por ovinos. Ciencia e Investigación Agraria 8:43-51.
- Grosenbaugh, J.R. 1965. Generalization and reparameterization of some sigmoid and other non linear functions. Biometrics 21:708-714.
- Harre, R. 1960. An introduction to the logic of the sciences. MacMillan, N.Y.
- Kalashnikov, S.G. 1959. Electricidad. Grijalbo, México. 725 p.
- Korshunov, Y.M. 1976. Fundamentos matemáticas de la cibernética. Mir, Moscú:
- Krebs, J. 1977. Optimal foraging: theory and experiment. Nature 268:583-584.
- Laredo, M.A. y Minson, D.J. 1975. The voluntary intake and digestibility by sheep of leaf and stem fractions of *Lolium perenne*. J. British Grassland Soc. 30:73-77.
- Lotspeich, W.D. 1963. The place of form in the study of life; perspective in biology and medicine 7:107-117.
- Maelzer, D.A. 1965. A discussion of components of environment in ecology. J. Theoret. Biol. 8:141-162.
- . 1965. Environment, semantics and system theory in ecology. J. Theoret. Biol. 8:395-402.
- Monsi M. y Saeki, T. 1953. Über den lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. J. Bot. 14:22-52.
- Nava C., R.; Gastó C.; J. y Armijo T., R. 1976. Arquitectura ecosistémica; fundamentos y génesis. Monografía Técn. cient. no. 2. Universidad A.A. Antonio Narro, México. 2 p. 738-855.
- ; Armijo T., R.; y Gastó C., J. 1979. Ecosistema; la unidad de la naturaleza y el hombre. Serie recursos naturales. Universidad A.A. Antonio Narro, Saltillo, México. 332 p.
- Noy-Meir, I. 1975. Stability of grazing systems; an application of predator-prey graphs. J. Ecology 63:459-481.
- Olson, J.S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecology 44:322-331.
- Pauling, L. 1967. Química general. México. Aguilar. 694 p.
- Pianka, E. 1978. Evolutionary ecology. Parker and Raw, N.Y. 397 p.
- Range Term Glossary Committee. 1974. A glosary of terms used in range management. Soc. Range Management, Denver.
- Reifsnyder, W.E. y Lull, H.W. 1965. Radiant energy in relation to forests. Tech. bull. 1344. U.S. Dept. Agric. Forest. Serv. 111 p.
- Riveros, F.; Hoffmann, A.; Avila, G.; Aljaro, M.E.; Araya, S.; Hoffman, A.E.; y Montenegro, G. 1976. Comparative morphological and ecophysiological aspects of two sclerophyllous Chilean shrubs. Flora 165:223-234.
- Saeki, T. 1963. Light relations in plant communities. En: Evens (ed.). Environmental control of plant growth. Academic Press.
- Shinozaki, K.; Yoda, K.; Hozumi, K.; y Kira, T. 1964. A quantitative analysis of plant form. The pipe model theory. Jap. J. Ecol. 14:97-105.

- Speddings C., R.W. 1971. Grassland ecology. Oxford Univ. Press, Londres. 221 p.
- Stoddart, L.A. y Smith, A.D. 1953. Range management. McGraw-Hill, New York. 347 p.
- Thom, R. 1975. Structural stability and morphogenesis. Benjamin, Reading, Mass.
- Udvardy, M. 1959. Notes on the ecological concepts of habitat, biotype and niche. Ecology 40:725-728.
- Werner, E.E. y Hall, D.J. 1974. Optimal foraging and the size selection of prey by the Bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). Ecology 55:1042-1052.
- Wymore, A.W. 1976. Systems engineering methodology for interdisciplinary teams. Wiley, New York.

Glosario[†]

accesión = ver **entrada**.

armonía = proporción y correspondencia de las partes de un todo.

artificialización = transformación de un estado natural del ecosistema en otro artificial.

antrópico(a) = relativo a la influencia que el hombre ejerce sobre su medio por oposición a los influjos naturales que el medio recibe. Ej: un suelo fertilizado.

biocenosis = colectividad de seres vivos en una unidad de medio. Comunidad biótica formada por animales y plantas que se condicionan mutuamente; se mantiene a través del tiempo dentro de un territorio definido y en un estado de equilibrio dinámico mediante la reproducción de los propios organismos que la integran, dependiendo solamente del ambiente exterior inanimado y no —o sólo de manera no esencial— de organismos exteriores a la biocenosis. Suele dividirse en zoocenosis (colectividad animal) y fitocenosis (colectividad vegetal).

biotipo = (forma biológica, tipo biológico, biótipo) = categoría en que se incluyen los vegetales —de cualquier posición sistemática— que concuerdan fundamentalmente en su estructura morfológico-biológica y, de un modo especial, en los caracteres relacionados con la adaptación al ambiente ecológico. Ej: árbol, arbusto, hierba, son formas biológicas más o menos definidas.

cohorte = Una agrupación de límites relativamente indefinidos. Ej: banco de peces que recorre una ruta definida en el océano. Grupo de familias relacionadas entre sí.

clímax = (formación clímax, de los geobotánicos norteamericanos) = etapa final del equilibrio en la sucesión geobotánica (o etapa regional de máximo biológico estable). Ej: un bosque natural es una clímax; destruido por el hombre, es sustituido por otro tipo de vegetación (arbustos, pastos) o por campos roturados. Abandonada la región a sí misma, terminaría por reproducir la clímax originaria.

densidad (calórica) = dispersión media de cada componente, en el análisis cuantitativo de una sinusia. Se aprecia en la escala de 10 grados de Norlinn, que comprende especies o densidades escasas (grados 1 y 2), esparcidas, abundantes, o cerradas (grados 8, 9, y 10).

disclímax = comunidad distinta de la clímax que se establece cuando ésta última es destruida por el pastoreo, el cultivo, etc.

[†] Comprende los tecnicismos, los neologismos y, en general, la terminología típica empleada por el autor de este trabajo, un especialista en manejo de pasturas (N. del E.).

- ecología* (se sobreentiende "vegetal") = estudio de las relaciones entre la vida vegetal y el medio estacional. Estudio del organismo en relación con el **medio** en que se desenvuelve, desentrañando las influencias de este medio —tanto orgánico como organizado— en aquel organismo (influencia mesológica). Si la fisiología estudia las **causas** de los fenómenos vitales, la ecología precisa los efectos (del medio sobre los organismos vegetales).
- ecosistema* = sistema integrado por una comunidad de animales, plantas y microorganismos, con el medio físico y químico (medio abiótico) interrelacionado con ellos.
- ecotipo* (*ecótipo*) = variedad o estirpe dentro de una especie, adaptada a un ambiente particular (ver entrada).
- entrada* = especie vegetal o ecotipo de características morfológicas homogéneas y constantes y de caracteres genéticos (genoma homocigótico) comunes y estables. Es un concepto principalmente taxonómico.
- estructura* (*biocenótica*) = combinación característica de las comunidades subordinadas en una biocenosis.
- fitocenosis* = unidad más general de la colectividad que encierra la idea, no sólo de cohabitación en el medio, sino de cierta relación objetiva de las plantas entre sí.
- fitomasa* = suma de todas las estructuras vegetales de un medio como las raíces, tallos, hojas, etc.
- germoplasma* = célula reproductiva; por extensión, cualquier célula o grupo de células (germinales o somáticas) capaces de transmitir la herencia biológica.
- isomórfico, ca* (*isomorfo, fa*) = de la misma forma aunque, a veces, de estructura distinta; dicese de órganos semejantes de plantas diversas.
- holístico, ca* = que posee, como totalidad orgánica o integral, una realidad independiente de la simple suma de sus partes, y mayor que ellas.
- homomórfico, ca* (*homomorfo, fa*) = de forma semejante aunque posiblemente de estructura diferente. Organismos de entidades sistemáticas muy distintas que ofrecen aspecto parecido. De forma constante dentro de la especie (=uniforme).
- homeostasis* (*homeostasis*) = en animales superiores, la capacidad de conservar un estado interno constante y cierta independencia del medio ambiente.
- pastura* = pastizal = terreno donde hay abundante pasto; prado fértil que se puede segar; sitio donde paca o "pastorea" el ganado (en esta publicación, a veces, sinónimo de pradera.)
- pradera* = (en fitografía) región en que domina la simorfia "graminetum", ya sea mesofítico, higrofitico o xerofítico (éste último de carácter estepario).
- periodicidad* = sucesión regular, en tiempos determinados, de diversos fenómenos vitales. Si depende de factores externos, se llama periodicidad etiógena; si de factores internos, periodicidad autónoma.
- población abierta* = aquélla en que las plantas están más o menos dispersas, y en la cual puede ocurrir fácilmente una invasión de otros organismos.
- población presa* = aquélla que es atacada o destruida (consumida) por otro u otros organismos en función de depredadores.
- producción secundaria* = el crecimiento vegetal (o sucesión) que ocurre después de la destrucción parcial o total de la vegetación de un área, causada directa o indirectamente por el hombre.

resiliencia = cualidad de un cuerpo que, después de estirado, doblado o, especialmente, comprimido, puede recuperar su forma o posición inicial.

sinecia = unidad más general de la colectividad vegetal. Cohabitación botánica especializada, es decir, habitación de una suma de individuos en un mismo medio exterior. La sinecia expresa simplemente una realidad evidente. La fitocenosis (véase) incluye el concepto de comunidad.

sinusia = (“existencia en común” = sociedad) comunidad constituida por especies pertenecientes a un biotipo determinado de exigencias ecológicas uniformes. Ej: el estrato arbóreo de un pinar. Ordinariamente, en la estructura de una asociación interviene cierto número de sinusias. (La voz simorfía tiene, prácticamente, el mismo sentido.)

sistema ecológico = coordinación de los organismos vegetales según las características del medio en que habitan.

sistemogénesis = origen o creación de un sistema, es decir, de un conjunto de factores interrelacionados, definible en términos de estructura y función.

zoocenosis = colectividad de animales en una unidad de medio, donde no sólo cohabitan sino que mantienen una cierta relación objetiva entre sí (véase fitocenosis).

FUENTE: Allaby, M. 1977. A dictionary of the environment. Van Nostrand, New York, N.Y. 532 p.
Font Quer, P. 1965. Diccionario de botánica. Labor, Barcelona, 1244 p.
Henderson, I.F. y Henderson, W.D. 1963. A dictionary of biological terms. 8a. edición por J.H. Kenneth. Van Nostrand, New York. 640 p.
Gray, P. 1967. The dictionary of the biological sciences. Van Nostrand, New York. 602 p.

Evaluación por corte y por pastoreo en parcelas pequeñas: comparación de resultados

Andrew L. Gardner*

Resumen

Una dificultad particular en la evaluación de pastos surge de que no hay rendimientos absolutos con los cuales se puedan comparar los resultados experimentales. Por consiguiente, las técnicas de evaluación deben simular—hasta donde sea posible—las condiciones que se encontrarán en las explotaciones comerciales, lo que señala la necesidad de efectuar cambios en los métodos al nivel regional. Estas consideraciones deben introducirse ya en las primeras etapas de evaluación del germoplasma.

Para emplear técnicas de corte que simulen el pastoreo, es necesario cerciorarse de que no existe interacción entre el método de defoliación y el germoplasma mismo. La defoliación mediante el corte podría aceptarse para entradas de gramíneas puras, pero en las asociaciones es preferible el efecto selectivo del animal en pastoreo. Si bien es cierto que puede producirse cierta transferencia de fertilidad por el animal de una área a otra de la parcela, como resultado del pastoreo común de varias especies, este efecto podría aumentar considerablemente si ocurre un pastoreo poco uniforme del área.

El pastoreo con un número elevado de animales durante un período corto no es representativo del manejo normal y es poca la ventaja que ofrece en relación con la técnica de corte. Para poder determinar períodos y presiones realistas de pastoreo es necesario medir el rendimiento en épocas críticas del año.

* Especialista en pastos, FAO/EMBRAPA, Minas Gerais, Brasil.

Introducción

La evaluación de pastos está asociada con problemas que no se presentan en la evaluación puramente agronómica de otros cultivos. En primer lugar, el animal en pastoreo es un factor que complica la situación y, en la mayoría de los casos, el pasto producido debe convertirse en un producto animal antes de adquirir un valor económico. En segundo lugar, dado que las técnicas empleadas para medir la producción y la utilización de los pastos afectan la productividad de la pradera, no existe un rendimiento absoluto de pastos con el cual comparar los resultados de cualquier técnica de evaluación. Este hecho obedece a que las plantas se cosechan repetidas veces, ya sea por corte o por pastoreo, y cuanto se haga a la planta esta semana afectará su producción a la semana, al mes o incluso, al año siguiente.

La situación es, por consiguiente, muy compleja pues se emplean técnicas experimentales que suministran resultados variables los cuales, a su vez, deben extrapolarse a sistemas comerciales de producción de por sí también muy cambiantes. De aquí que, en el mejor de los casos, únicamente se pueden proveer guías y soluciones alternas que pueden ser modificadas según las necesidades de cada productor.

Es interesante observar que Lynch (1947) sugirió la necesidad de mejorar las técnicas de evaluación de pastos, y que Hodgson (1982) continuaba sosteniendo lo mismo 34 años más tarde. Por su parte, Oram (1972) opinaba que las técnicas deficientes de evaluación eran, probablemente, responsables de la ausencia de nuevas y mejores gramíneas, por su renuencia a creer que, después de la evaluación extensiva hecha en Australia con gramíneas anuales, únicamente se había entregado para distribución un cultivar en los últimos 70 años; ese cultivar había sido desarrollado seleccionando plantas individuales en praderas pastoreadas en la región donde se necesitaba el nuevo cultivar.

Lo anterior sugiere—y cada día se acepta más—que es necesario considerar dónde y cómo se utilizarán los pastos a fin de adaptar las técnicas de evaluación. Como afirmaba Morley (1978) “es prácticamente inconducente investigar, por ejemplo, si un cultivar soporta la defoliación a ras de tierra, cuando es muy poco probable que dicho tratamiento pueda aplicarse a un porcentaje considerable de la pradera en los sistemas reales de producción animal.”

La discusión que sigue sobre técnicas de corte y pastoreo trata de hacer énfasis en la necesidad de mantener presentes los sistemas de producción reales—o conceptuales—en donde se utilizarán las plantas, cuando se estén diseñando, o interpretando, experimentos de evaluación de pastos.

Objetivos y técnicas de la evaluación de pastos

Podría parecer innecesario insistir en que un programa de evaluación de pastos deba tener un objetivo claramente definido, pero a menudo se afirma que “el objetivo es

encontrar una especie o cultivar mejorado.” Aquí cabe preguntarse: “mejorado” con qué fin?

- para obtener un rendimiento total mayor?
- para lograr una mejor distribución estacional?
- para obtener mejor persistencia u otro carácter?

Parecería que carece de sentido producir plantas “mejoradas” y luego buscar el lugar dónde sembrarlas; el objetivo debe ser, indudablemente, hallar una planta que corrija alguna deficiencia conocida de las especies nativas o naturalizadas, o de plantas seleccionadas actualmente disponibles.

Si, por ejemplo, se diera el caso de que la gramínea comúnmente utilizada en una región produjera 20,000 kg/ha de materia seca, con una digestibilidad promedio del 65%, y con una buena capacidad de retener su calidad durante la estación seca, tal vez deberíamos darnos por satisfechos y destinar los recursos de mejoramiento de pastos a otra actividad más productiva. Es muy probable que ésta no sea la situación en la mayor parte de las regiones de América tropical donde, especialmente tratándose de leguminosas tropicales, hay una necesidad urgente de obtener plantas productivas y persistentes.

Conviene, además, tener presente que la evaluación y la selección de plantas no tienen que ser una actividad necesariamente prioritaria cuando hay escasez de recursos. En otras palabras, es preciso investigar el mercado. Este es un paso esencial para que cualquier empresa tenga éxito; hay que cerciorarse de que existe la necesidad y de que habrá demanda del producto, es decir, de pastos mejorados. Enseguida, tanto los clientes (los ganaderos) como los problemas y limitaciones de sus sistemas de producción deben ser identificados y descritos.

Podría pensarse que estas consideraciones son necesarias solamente al final de un programa de evaluación, pero si se las tiene en cuenta desde el comienzo, se podrían diseñar técnicas de evaluación más objetivas y pertinentes. Porzecaski et al. (1979) efectuaron una evaluación preliminar de gramíneas y leguminosas en Mato Grosso do Sul, teniendo en mente dos sistemas principales de producción. El primero era un sistema extensivo de cría y levante de ganado vacuno para producción de ganado de carne en suelos pobres, donde era muy poco probable que se aplicara alguna fertilización. El segundo era un sistema semiintensivo de levante y ceba para producción de ganado de carne en praderas cultivadas, establecidas después de dos o tres años de cultivar principalmente arroz, donde el pasto podría aprovechar el efecto residual de los fertilizantes anteriormente aplicados.

La evaluación preliminar se hizo, obviamente, en dos niveles de fertilidad: con fertilidad natural —o sea, sin abonar— y con fertilidad mejorada donde las deficiencias conocidas se corrigieron, al menos parcialmente. Sobra decir que se halló una interacción considerable entre el nivel de fertilidad y la productividad de las plantas. Después de tan sólo dos años de trabajo, el programa estaba en camino de suministrar plantas para dos sistemas de producción comercial diferentes y claramente definidos.

Considerando las abismales diferencias que separan regiones enteras en las áreas de praderas de América tropical, es difícil comprender cómo y por qué deberán estandarizarse las técnicas de evaluación. Incluso en un país como Brasil, la ecología y los requerimientos de los pastos en el Amazonas, en el nordeste seco, y en los Cerrados de la planicie central son tan abrumadoramente diferentes que exigen programas independientes de introducción, cruzamiento y evaluación para cada lugar. Obviamente se puede llegar a un acuerdo sobre la conveniencia de elegir técnicas de evaluación como el corte o el pastoreo. Sin embargo, las decisiones sobre los niveles de fertilidad, sobre la necesidad de evaluar las gramíneas solas o asociadas con leguminosas, y sobre la frecuencia e intensidad de la defoliación, son de carácter estrictamente regional y dependen de la apreciación que tenga el agrónomo local de esos problemas.

Habiendo definido claramente en dónde, cómo, y en qué situación se debe introducir una planta, la decisión sobre la técnica de evaluación que se debe emplear es una tarea más fácil. Los efectos de algunas de estas decisiones en los resultados de los estudios de evaluación, así como las precauciones requeridas para interpretar y extrapolar dichos resultados, serán considerados a continuación.

Defoliación por medio del corte o del pastoreo

Debido al gran número de introducciones o a la escasez de semilla, la evaluación inicial se efectúa, generalmente, mediante el corte y la remoción del pasto producido, sin la intervención directa del animal. Esta discusión, sin embargo, se concentrará en la fase siguiente de evaluación en la cual el número de introducciones ya ha sido reducido a niveles manejables, y el suministro de semilla permite el establecimiento de parcelas pequeñas y repetidas, donde puedan estudiarse los efectos del animal en pastoreo sobre las plantas.

Frecuencia de defoliación

Antes de estudiar las ventajas relativas de las técnicas de corte y remoción —o de corte y pastoreo— debe tenerse en cuenta un aspecto que afecta a ambas por igual y es, precisamente, la frecuencia de la defoliación. La época para iniciar la defoliación es, a menudo, aquella en que las plantas alcanzan la “altura de pastoreo” y, por tanto, en muchos casos hay que defoliar mensualmente durante el período principal de crecimiento de las plantas. A medida que el crecimiento de la planta disminuye—debido a la escasez de agua o a la temperatura o a ambos factores—los intervalos entre las defoliaciones se alargan, pudiendo darse el caso de pastos que nunca fueron defoliados durante un período de crecimiento limitado porque no alcanzaron la “altura de corte” determinada. Esta práctica es contraria a muchas situaciones comerciales en las que en los períodos de estrés y donde la carga animal se mantiene aproximadamente constante durante el año de pastoreo, el intervalo entre defoliaciones disminuye y las plantas se ven sometidas a una considerable presión de pastoreo. La intensidad de esta presión depende, principalmente, de la duración de la época crítica y de la carga animal. A menos que se tome ese aspecto de la vida real en consideración, se corre el riesgo de seleccionar plantas totalmente inadecuadas para el sistema en que probablemente se utilizarán.

Podría argumentarse que no es necesario ser muy realista en la segunda fase de la evaluación porque en ella todavía no se dispone de datos sobre producción animal y porque las plantas no adaptadas se eliminarán posteriormente. Aunque ello fuera cierto, muchas veces se distribuyen especies que no han sido sometidas a evaluación con animales; más aún, aunque todas las selecciones tuvieran que pasar por esta etapa de prueba con animales antes de su distribución, habría, no obstante, una pérdida de recursos por cuanto se evaluarían plantas que debieron haberse eliminado con anterioridad.

La diferencia entre el corte y el pastoreo, en relación con la cantidad de material vegetal removido de la pradera, consiste en que el corte no es selectivo en tanto que los animales sí lo son y no consumen todo el pasto simultáneamente ni a la misma altura, ni siquiera cuando las cargas animales son altas. Esta situación ocasionaría índices diferentes de rebrote según que las plantas hayan sido cortadas o pastoreadas, aunque el hecho de que los rendimientos obtenidos con el corte sean diferentes de los registrados con el pastoreo no es una razón para rechazar el corte como técnica de evaluación.

Restringiendo esta revisión a las técnicas de evaluación de germoplasma, se podrían evitar algunos errores cometidos cuando se extrapolan los resultados del corte al pastoreo. Así por ejemplo, Woodman y Norman (1932) concluyeron que, si un intervalo de cinco semanas entre cortes producía más equivalente de almidón, el pastoreo en rotación con un período de descanso similar elevaría igualmente al máximo la producción animal. Es un hecho bien conocido que esta suposición no resultó válida en todos los casos y, aunque importantes desde el punto de vista del manejo, esas consideraciones no pertenecen a esta discusión.

Tratamiento y técnica de evaluación

Lo que interesa determinar es si existe o no una interacción entre el tratamiento y la técnica de evaluación, es decir, determinar si una planta es superior al testigo cuando está sometida a corte, pero inferior en condiciones de pastoreo. Como estos ensayos de evaluación tratan de predecir lo que sucedería si las plantas estuvieran sometidas a pastoreo en sistemas comerciales, esa interacción es obviamente indeseable. Si el sistema de utilización contempla la alimentación con forraje cortado en confinamiento, entonces estas consideraciones no se aplican pero el régimen de corte debe simular el sistema de manejo en la vida real.

El tipo de interacción *tratamiento x técnica de evaluación* que podría presentarse se observa en el Cuadro 1 del trabajo de Caro-Costas y Vicente-Chandler (1961), donde hay una interacción entre la altura de corte y la especie.

Dos soluciones podrían atenuar el problema: una emplearía alturas de corte apropiadas para cada especie, pero si esas alturas se desconocen o no son deseables, entonces se aplicaría la altura de corte más cercana a la adecuada para el tipo de manejo comercial que se tengan en mente. Ninguna de estas dos soluciones es perfecta, pero el agrónomo debe ser conciente de que la altura de corte específica que se seleccione cuando se escogen los métodos experimentales o se interpretan los resultados, puede alterar estos mismos resultados.

Cuadro 1. Rendimiento de cinco gramíneas tropicales bajo dos alturas de corte.

Altura de corte (plg)	Rendimiento (lb MS/acre) ^a				
	Pasto gordura	Pangola	Pará	Pasto elefante	Pasto guinea
7-10	12.056*(13.50)	19.937*(22.33)	19.720*(22.09)	23.201*(25.99)	25.223**(28.25)
0-3	3.945*(4.42)	22.296*(24.97)	24.728*(27.70)	27.880*(31.25)	24.651**(27.61)

a Las cifras entre paréntesis indican kg MS/ha.

* Diferencia significativa al nivel del 1%.

** Diferencia significativa al nivel del 5%.

FUENTE: Caro-Costas, R. y Vicente-Chandler, J., 1961.

En consecuencia, no es sorprendente que un estudio de corte arroje, a veces, estimativos inexactos o erróneos del comportamiento de las especies forrajeras bajo pastoreo. Watson y Whiteman (1981), por ejemplo, realizaron un experimento de pastoreo utilizando cuatro niveles de carga con *Brachiaria mutica*, *B. decumbens* y *Panicum maximum*, porque algunos experimentos de corte habían sugerido que la muy utilizada gramínea *B. mutica* era inferior a las otras, ya disponibles. La prueba de pastoreo demostró, sin embargo, que *B. mutica* era la mejor—seguida por *B. decumbens* y *P. maximum*— y, en realidad, los animales tuvieron que ser retirados de la parcela de *P. maximum* cuando se empleó la carga más alta.

Cuando se deben evaluar mezclas de gramíneas y leguminosas tropicales, el corte se hace aún más crítico debido a las diferencias de palatabilidad relativa entre los componentes de la pradera. A menos que el sistema de pastoreo sea el de una rotación muy intensiva, los animales pastorearán selectivamente las gramíneas durante la época de más rápido crecimiento de éstas, creando así una situación muy diferente de la que resulta de un corte no selectivo uniforme.

Este efecto —que se aprecia en el Cuadro 2— corresponde a una segunda fase de evaluación de 25 leguminosas tropicales bajo pastoreo común, intercalando períodos de muestreo para estimar el crecimiento en diferentes estaciones. En este experimento—que actualmente se lleva a cabo en el Centro Nacional para Investigación de Ganado Lechero, en Minas Gerais, Brasil—el área total disponible para pastoreo es de 6500 m², de los cuales las parcelas ocupan 3000 m², o sea, el 46%. El área había sido pastoreada desde el 8 de enero con un número variable de animales, y durante las tres semanas anteriores al 22 de abril—fin de la estación húmeda, cuando se hicieron los estimativos visuales—se mantuvieron pastando en ella cuatro novillas lecheras de 200 kg de peso vivo, en promedio.

El Cuadro 2 presenta solamente resultados de una selección representativa de leguminosas para demostrar que, a pesar de la densidad de carga relativamente alta, varias leguminosas fueron rechazadas por los animales. En este estudio, *Melinis minutiflora*, la gramínea asociada, fue consumida hasta 10 cm por encima del nivel del suelo. Si estas parcelas hubieran sido cortadas en vez de pastoreadas, el resultado final habría sido una disminución de la persistencia de las leguminosas, y se habría obtenido

un estimado parcializado de la calidad de las mezclas para la estación seca. Jones et al. (1980) encontraron, sin embargo, que la línea de *Macroptilium atropurpureum* de mejor comportamiento fue tan buena bajo pastoreo como bajo un régimen de corte.

Otro efecto diferencial de la defoliación por pastoreo frente a la defoliación por corte sería el ocasionado por el pastoreo poco uniforme del área experimental. Este caso fue registrado por Gardner y Centenq (1966) en un experimento en que se compararon cinco cultivares de *Trifolium repens* bajo tres frecuencias de pastoreo utilizando corderos; los rendimientos de forraje obtenidos en el segundo año del experimento se observan en la Figura 1. Puede apreciarse que hubo gradientes crecientes de rendimiento en los Bloques I y III a partir de las líneas M-N, base de referencia en las gráficas. Una situación similar, aunque menos acentuada, aparece en el Bloque II. También es evidente que el gradiente fue mayor con las frecuencias de pastoreo A y B, en tanto que con la frecuencia C, especialmente en el Bloque II, apenas pudo ser detectado.

Un aspecto importante, por demás desafortunado, que se observa en la Figura 1 es que los rendimientos, aparentemente, están relacionados con las posiciones de las subparcelas (cultivares) dentro de las parcelas principales (frecuencias de pastoreo) y no con los potenciales de crecimiento de los cultivares. El efecto observado es más marcado en las frecuencias de pastoreo A y B porque, sin lugar a dudas, resulta del número de pastoreos —con una intensidad máxima de 2 días cada uno— los cuales fueron 26, 17 y 14 para las frecuencias A, B y C, respectivamente.

Cuadro 2. Estimativos visuales de la preferencia por las leguminosas demostrada por novillas lecheras cruzadas, que pastorean en forma común una asociación de leguminosas con *Melinis minutiflora*. (Promedio de tres repeticiones.)

Leguminosas	Puntaje ^a
<i>Dolichos axillaris</i>	0
<i>Indigofera subulata</i> (Minas Gerais)	1
<i>Macroptilium atropurpureum</i> cv. Siratro	1
<i>Stylosanthes guianensis</i> cv. IRI 1022	1
<i>Stylosanthes guianensis</i> cv. CIAT 63	0
<i>Stylosanthes capitata</i> (Vicosa)	0
<i>Stylosanthes scabra</i> (Bahía) CGL 841	0
<i>Galactia striata</i> (comercial)	1/3
<i>Teramnus uncinatus</i> CGL 721	0
<i>Centrosema pubescens</i> (comercial)	0
<i>Macroptilium bracteolatus</i> (Minas Gerais)	0
<i>Neonotonia wightii</i> cv. Tinaroo	1/3
<i>Pueraria javanica</i> (comercial)	0
<i>Rhinchosia minima</i> CGL 074	0

a. 0 = sin consumir; 1 = consumido.

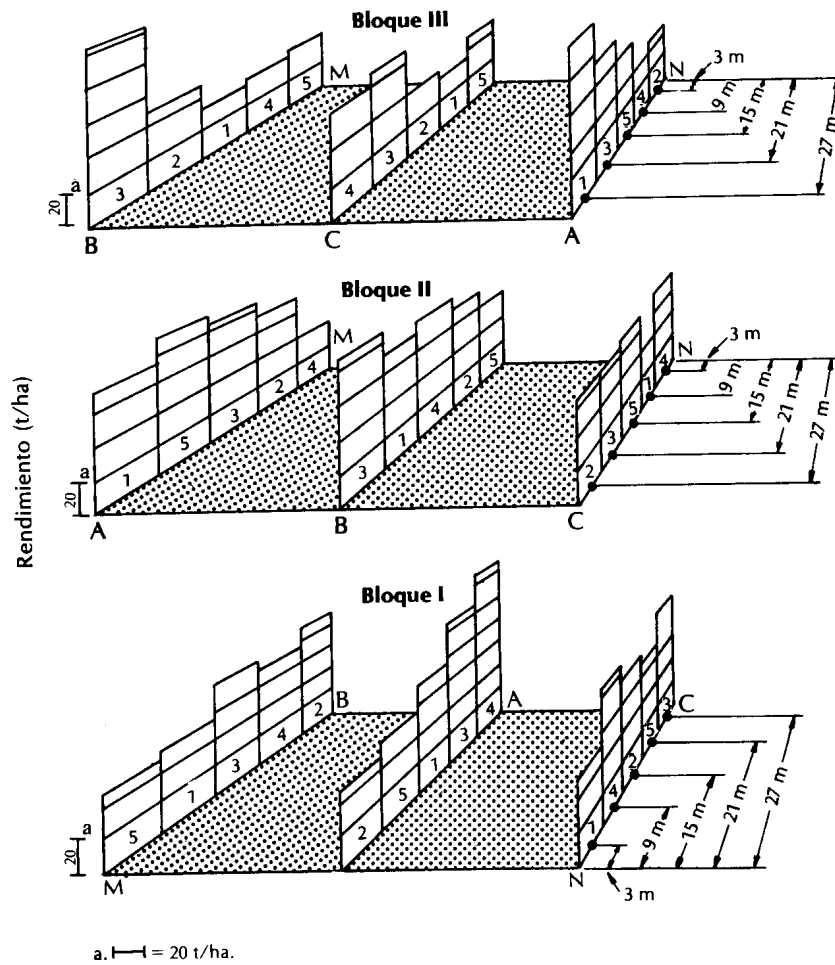


Figura 1. Rendimiento del forraje verde de variedades de trébol blanco en el período de diciembre 1963 a diciembre 1964. Las variedades —y sus parcelas respectivas— están numeradas de 1 a 5; las letras A, B, o C designan las frecuencias de pastoreo; y las distancias desde las líneas de referencia M-N hasta los centros de las parcelas, son: 3 m, 9 m, 15 m, 21 m, ó 27 m.

Los rendimientos observados pudieron ajustarse mediante análisis de covarianza utilizando como variable independiente la distancia desde la línea de referencia M-N al centro de cada subparcela, como se aprecia en la Figura 1. Lo importante en estos casos es discutir por qué y cómo se presentaron estos gradientes de producción.

No se tomaron datos cuantitativos que permitan caracterizar el comportamiento en pastoreo de los corderos, pero se observó que las subparcelas más cercanas a las líneas M-N (Figura 1) fueron pastoreadas de preferencia, y que los períodos de reposo tuvieron lugar en el otro extremo de las parcelas principales. Aunque el pasto no consumido fue retirado por medio de cortes de uniformidad posteriores al pastoreo, el

efecto anterior fue acumulativo y la dificultad para dejar un rastrojo uniforme aumentó, haciéndose mayor al final del ensayo.

Es probable que la forma rectangular de las parcelas principales (30 m x 10 m) indujera a los animales a congregarse en un extremo, como lo observó Sears (1944). Además, uno de los lados del ángulo recto en las parcelas principales, muy alargadas, era una carretera pública y el otro lado, una carretera interna. El movimiento en estas vías pudo haber impulsado a los animales a replegarse a los extremos más tranquilos de las parcelas, lo que ocasionó una utilización deficiente de las áreas donde el pasto estaba pisoteado. En consecuencia, las subparcelas pastoreadas con más intensidad presentaron un rebrote más lento, con el consecuente debilitamiento de las plantas a medida que progresaba el experimento.

El efecto de la fertilidad acumulada, debido a los excrementos esparcidos en las áreas donde los corderos permanecieron en reposo, no puede pasarse por alto. No obstante, es probable que por tratarse de trébol blanco, el nitrógeno de la orina haya producido un efecto compensatorio, sustituyendo en esta forma al nitrógeno fijado por los rizobios.

El efecto del pastoreo no uniforme, según las mediciones de este experimento, se refleja en que algunos rendimientos observados fueron ajustados hasta en un 25% (hacia arriba o hacia abajo) como resultado de los análisis de covarianza. Si los rendimientos relativos pueden enmarcarse hasta este punto, podrían pasarse por alto importantes diferencias u obtenerse resultados falsos.

Una solución obvia para este problema es cercar y pastorear individualmente cada parcela, pero el costo podría hacerla impracticable para experimentos con muchos tratamientos. Donde la naturaleza del experimento exija el pastoreo común de las parcelas, podrían utilizarse potreros cuadrados en lugar de rectangulares, dejando libre una amplia área alrededor del área experimental útil. Probablemente se lograría un margen de seguridad reduciendo las parcelas experimentales a sólo la mitad del potrero. El área experimental también debe estar protegida de influencias externas como las carreteras.

Trasferencia de la fertilidad

El pastoreo común de una serie de parcelas puede introducir, para complicar la situación, un nuevo factor —además de los posibles efectos del pastoreo no uniforme— debido al retorno de los nutrimentos en las heces y en la orina de los animales. Si se asumiera que dicho retorno es uniforme, se contribuiría a reducir las diferencias entre los tratamientos, toda vez que las parcelas de altos rendimientos recibirían una cantidad de nutrimentos menor de la que les correspondería, en tanto que las parcelas de rendimientos más bajos recibirían más de los que realmente deberían recibir. La importancia de este efecto fue determinada por Lynch (1947) en dos experimentos en que comparó la respuesta a una mezcla de fosfato más calcio en pastoreo, individual o común, y halló incrementos de respuesta del 7.9% y 4.2% cuando las parcelas se pastorearon individualmente que cuando se sometieron al pastoreo común, respectivamente, aun aplicando otros tratamientos de fertilización.

Sears (1949) al comparar su técnica del retorno proporcional con la del retorno normal de heces y orina encontró que, aunque el orden de los tratamientos no varió, las diferencias entre esos tratamientos fueron mayores con el retorno proporcional. Las diferencias relativas entre los tratamientos, dentro de los sistemas, llegaron hasta el 19% según el sistema usado.

Antes de concluir que estos resultados prueben que el pastoreo común debería evitarse a fin de no enmascarar las diferencias reales entre especies forrajeras, debe recordarse que los resultados se obtuvieron con gran número de corderos que pastaban, durante cortos períodos de tiempo, en potreros bien establecidos de raigrás. En zonas semiáridas de praderas poco densas pastoreadas por ganado vacuno la situación podría ser muy diferente. Vallis (1972) demostró que se presentan pérdidas considerables de nitrógeno por la volatilización del amoníaco en condiciones de secano y cuando el pasto no cubre el terreno.

Parece entonces, que la transferencia de la fertilidad puede influir en los rendimientos relativos de las especies forrajeras según sea la eficiencia del retorno de nitrógeno. Cuando se pastorea ganado vacuno, en vez de lanar, con cargas animales cercanas a las condiciones comerciales, entonces el efecto disminuiría o podría desaparecer. Los errores introducidos por no pastorear —defoliación no selectiva— deberían compararse con un posible enmascaramiento de las diferencias que introduce el animal por transferencia de fertilidad.

Donde solamente se comparan especies o cultivares y no se tienen en cuenta los tratamientos con fertilizantes, la técnica diseñada por McNeur (1963) para hacer retornar una mezcla de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, podría ser útil; McNeur estimó que su técnica daba resultados similares a la del retorno proporcional de heces y orina (Sears, 1944). La posibilidad de cercar independientemente cada parcela no ha sido considerada como una alternativa práctica, aun cuando podría ser necesario hacerlo cuando se desee comparar niveles de nitrógeno.

Niveles de nutrimentos en sistemas de pastoreo o corte

Además de la transferencia de fertilidad, deben considerarse los requerimientos nutricionales de las plantas en condiciones de pastoreo o corte.

En el caso del potasio se ha demostrado (Blue y Gammon, 1963; Wolton, 1963) que el sistema de corte y remoción del pasto puede ocasionar una deficiencia de ese elemento incluso donde se apliquen fertilizantes potásicos. Por consiguiente, conviene revisar la disponibilidad de potasio del suelo para cerciorarse de que no se creará una deficiencia artificial. Cuando se emplean animales en pastoreo, este problema no debería presentarse.

La situación respecto al fósforo es bastante confusa. McLachan y Norman (1966) hallaron que las praderas pastoreadas requerían menos fósforo que las cortadas, en tanto que Ozanne y Howes (1971) encontraron exactamente lo contrario. Lo importante, desde el punto de vista de evaluación de germoplasma forrajero, es que las pruebas se hagan en suelos con un nivel de fósforo similar al de aquéllos donde se sembrará el material que será adoptado. Que las parcelas sean cortadas o pastoreadas

no debería ocasionar, en el lapso de pocos años, divergencias marcadas respecto a la pradera real, dado que Bromfield (1961) demostró que el fósforo inorgánico se hace disponible lentamente y que el fósforo orgánico es aún más lento, a menos que se incorporen heces al suelo.

Tal como se mencionó acerca de la transferencia de fertilidad, el efecto del nitrógeno de la orina en el crecimiento de los pastos dependerá, en gran parte, de las condiciones locales. Sin embargo, cuando se están evaluando gramíneas con una leguminosa común, no se aplicará, probablemente, fertilizante nitrogenado pero se necesitarán animales en pastoreo para mantener un equilibrio realista de gramíneas y leguminosas (Sears, 1949; Frame, 1967). Aunque el pastoreo común puede producir una transferencia de fertilidad, el resultado de no pastorear asociaciones de gramíneas y leguminosas es obtener pasturas con una composición botánica atípica. Las leguminosas tropicales, al igual que sus contrapartes de climas templados, tienden a desaparecer cuando se aplica nitrógeno a dichas praderas asociadas (Jones, 1970).

En las praderas de gramíneas puras hay necesidad de adicionar nitrógeno para mantener su productividad, y la cantidad de él que deba emplearse dependerá de la localidad donde se aplicarán los resultados. Cuando se use un sistema intensivo con altos niveles de nitrógeno, el lugar apropiado sería aquél que tenga un alto régimen de humedad que garantice una buena utilización del nitrógeno aplicado. Esto significa que el nitrógeno devuelto en la orina influirá positivamente en los rendimientos de materia seca. Bajo estas condiciones, sería esencial el pastoreo? No necesariamente, por cuanto el interés principal es estudiar los rendimientos comparativos de germoplasma forrajero seleccionado y no sus rendimientos absolutos.

Si uno de los criterios de selección fuera la respuesta de varias gramíneas al nitrógeno, podría ser necesario pastorear el experimento cuando se utilizara un nivel muy alto de nitrógeno (más de 400 kg/ha) toda vez que el retorno, por la orina del animal, sería un factor importante. Si se emplearan, en cambio, niveles bajos de nitrógeno, todas las gramíneas continuarían, probablemente, en la parte lineal de la curva de respuesta, incluso cuando se considere la aplicación de un fertilizante además del nitrógeno de la orina.

Pastoreo o corte

La mayor parte de los investigadores estarían de acuerdo en que la introducción temprana del animal en un programa de evaluación de germoplasma forrajero es deseable, pero a menos que el manejo del pastoreo sea realista, los resultados esperados podrían no alcanzarse. Puesto que la defoliación selectiva, el retorno de nutrimentos, y los efectos del pisoteo son, en parte, funciones del número y tipo de animales que pastorean una pastura, se deduce que una técnica artificial, como el pastoreo con muchos animales por períodos cortos de tiempo ("mob grazing"), podría no reflejar totalmente lo que sucedería en la práctica. La acción de muchos animales durante un período corto de tiempo eliminaría la defoliación selectiva, uno de los efectos críticos del pastoreo. Además, el retorno de nutrimentos y el efecto del pisoteo únicamente

reflejarían esta forma específica de manejo intensivo. Por consiguiente, cabe preguntarse si es posible derivar algún beneficio de esta técnica cuando la comparamos con el corte.

Por otra parte este tipo de pastoreo, fuera de eliminar el pastoreo selectivo, produce un pisoteo que podría ser totalmente atípico y poco se ganaría si, por ejemplo, un período de pastoreo coincidiera con una estación lluviosa fuerte. Se lograría el retorno de los nutrimentos, que podría ser un factor importante para mantener un equilibrio botánico realista en mezclas de gramíneas y leguminosas, pero también se obtendrían menores diferencias reales entre tratamientos al producirse una transferencia de la fertilidad. La importancia de estos efectos de transferencia dependerá de las condiciones edáficas y climáticas de cada localidad y de las características de las plantas que se están evaluando.

En consecuencia, es muy poco probable que se logre algún avance realmente positivo empleando la técnica del pastoreo con muchos animales por períodos cortos de tiempo (“mob grazing”) en lugar de un simple método de corte y remoción que tenga en cuenta algunas precauciones elementales.

Donde se introduce un manejo del pastoreo más realista, se puede presentar el problema del pastoreo selectivo cuando se evalúan muchas especies bajo pastoreo común. Si las gramíneas se siembran puras y se toman mediciones de su rendimiento después de cada período de pastoreo, los cortes ocasionales de emparejamiento pueden reducir o eliminar cualquier tendencia al pastoreo excesivo o subpastoreo de alguna gramínea en particular. Estos problemas no se han presentado en un experimento en que se evalúan 25 gramíneas con hábitos de crecimiento diferentes en el Centro Nacional de Investigación de Ganado Lechero, en Minas Gerais.

Cuando se evalúan especies puras sembradas en parcelas pequeñas que no están individualmente cercadas, hay dos alternativas: el corte, o una técnica conjunta de corte y pastoreo. En cuanto a las asociaciones, bien sea de sólo gramíneas o de gramíneas y leguminosas, se obtendrán mejores resultados con un pastoreo realista ya que la preferencia de los animales puede afectar significativamente la composición botánica de la pastura. Tal vez no sea necesario llevar, en estos ensayos, un registro continuo de producción de materia seca, lo que permitiría disponer de períodos de pastoreo largos, que se ciñan a la realidad; el registro de unos cuantos períodos de producción sería suficiente para suministrar información sobre el comportamiento de las plantas en períodos de interés durante el año.

Teniendo en cuenta los usos y problemas actuales de las leguminosas tropicales, bastaría saber que una introducción ha persistido con determinado manejo del pastoreo, sin que sea necesario recoger datos exactos sobre su producción de materia seca en una secuencia artificial de corte. Si se quiere interpretar los resultados correctamente será necesario mantener un registro cuidadoso de los hábitos de pastoreo; si llegara a ocurrir un subpastoreo o un sobrepastoreo, se podría modificar la técnica de pastoreo o adelantar una investigación para detectar las causas del pastoreo deficiente.

Hay metodologías que introducen factores de manejo, tales como carga animal y períodos de pastoreo y descanso, en la etapa de evaluación en pequeñas parcelas

(Gardner, 1967; Shaw et al., 1976), y valdría la pena emplear este método en ciertas circunstancias durante la segunda fase de la evaluación.

Como todavía no se ha concebido el método perfecto de evaluación de germoplasma forrajero, el investigador debe decidir el mejor camino que seguirá dadas sus circunstancias particulares. Confiamos en que esta revisión contribuya a facilitar esa decisión.

Referencias

- Blue, W. G. y Gammon, N., Jr. 1963. Differences in nutrient requirements of experimental pasture plots managed by grazing and clipping techniques. Proc. Soil and Crop Sci. Soc. Florida 23:152-161.
- Bromfield, S. N. 1961. Sheep faeces in relation to phosphorus cycle under pastures. Aust. J. Agric. Res. 12(1):111-123.
- Caro-Costas, R. y Vicente-Chandler, J. 1961. Cutting height strongly affects yield of tropical grasses. Agron. J. 53(1):59-60.
- Frame, J. 1967. The effects of cutting and grazing techniques on productivity of grass clover swards. En: International Grassland Congress, 9o., São Paulo, 1965. p. 1511-1516.
- Gardner, A.L. 1967. Estudio sobre los métodos agronómicos para la evaluación de pasturas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Sur, Montevideo. 80 p.
- y Centeno, G. A. 1966. Removal of the effects of uneven grazing in pasture experiments. J. Brit. Grassld. Soc. 21(4):264-269.
- Hodgson, J. 1982. Sward studies: objectives and priorities. En: Hodgson, J. ed. Sward measurement handbook. Brit. Grassld. Soc. (Hurley). p. 1-14.
- Jones, R. J. 1970. The effect of nitrogen fertilizer applied in spring and autumn on the production and botanical composition of two sub-tropical grass-legume mixtures. Tropical Grasslands. 4(1):97-109.
- Jones, R. M.; Jones, R.J.; y Hutton, E. M. 1980. A method for advanced stage evaluation of pasture species: A case study with bred lines of *Macropodium atropurpureum*. Aust. J. Expt. Agric. Anim. Husb. 20:703-709.
- Lynch, P. B. 1947. Methods of measuring production from grasslands. N. Z. J. Sci. Tech. 28(A):385-405.
- McLachlan, K.D. y Norman, B.W. 1966. Observations on the superphosphate requirements of two grazing experiments. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 6(20):22-24.
- McNeur, A. J. 1963. Pasture measurement techniques as applied to strain testing. En: N. Z. Grassland. Assoc. Conf., 15a., 1963. Memorias. Nueva Zelanda. p. 157-165.
- Morley, F.H.W., 1978. Animal production studies on grassland. En: 't Mannelje, L., ed. Measurement of grassland vegetation and animal production. Bull. 52. Commonwealth Agricultural Bureaux, Hurley. p. 103-162.
- Oram, R. N. 1972. The development and characterization of pasture grass cultivars by herbage yield testing. En: Leigh, J.H. y Noble, J.C. (eds.). Plants for sheep in Australia. Angus and Robertson, Sydney, p. 153-163.
- Ozanne, P.G. y Howes, K.M.W. 1971. The effects of grazing on the phosphorus requirements of an annual pasture. Aust. J. Agric. Res. 22:81-92.

- Porzecaski, I.; Ghisi, O.M.A.; Gardner, A.L.; y Franca-Dantas, M.S. 1979. The adaptation of tropical pasture species to a Cerrado environment. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, EMBRAPA, Campo Grande, Minas Gerais, Brasil. 18 p.
- Sears, P. E. 1944. Pasture plant measurement technique. N.Z.J. Sci. Tech. 25(5):177-190.
- Shaw, N.H.; Jones, R.M.; Edey, L.A.; Bryan, W.W. 1976. Developing and testing new pasture. En: Shaw, N.H. y Bryan, W.W. eds. Tropical pasture research. Bull. 51. Commonwealth Agricultural Bureaux, Hurley. p. 175-193.
- Vallis, I. 1972. Soil nitrogen changes under continuously grazed legume-grass pastures in sub-tropical coastal Queensland. Aust. J. Expt. Agric. Anim. Husb. 12(58):495-501.
- Watson, S.E. y Whiteman, P.C. 1981. Grazing studies on the Guadalcanal plains, Solomon Islands. II. Effects of pasture mixtures and stocking rate on animal production and pasture components. J. Agric. Sci. Camb. 97:353-364.
- Wolton, K.M. 1963. An investigation into the simulation of nutrient returns by the grazing animal in grassland experimentation. J. Brit. Grassld. Soc. 18(3):213-219.
- Woodman, H.E. y Norman, D.B. 1932. Nutritive value of pasture. IX. The influence of the intensity of grazing and nutritive value of pasture herbage. J. Agric. Sci. Camb. 22(4):852-873.

Selección de cultivares forrajeros partiendo de muchas entradas sometidas a pastoreo

Bert Grof*

Resumen

El trabajo de mejoramiento de praderas tropicales, particularmente en las primeras etapas de desarrollo del programa respectivo, comprende la comparación de las nuevas accesiones seleccionadas en poblaciones silvestres cuyo potencial como forraje cultivado, generalmente, se desconoce.

Se discuten las estrategias para la evaluación de los forrajes empleados por el CIAT en el CNIA de Carimagua, en los Llanos Orientales de Colombia, y las técnicas adecuadas para probar un gran número de accesiones bajo pastoreo.

Durante el período 1977-1982 se seleccionaron cerca de 41 accesiones de 14 especies de leguminosas y de siete especies de gramíneas utilizando las técnicas descritas. Se presentan los resultados de las pruebas preliminares de pastoreo con *Centrosema* spp., *Desmodium ovalifolium*, y *Stylosanthes capitata*.

* Agrónomo de Forrajes, Programa de Pastos Tropicales, CIAT, Cali, Colombia.

Introducción

Las plantas forrajeras cultivadas deben desempeñar un papel cada vez más importante en la producción de ganado vacuno en las regiones tropicales del mundo para aminorar los efectos de las deficiencias de los pastos nativos, para aumentar la fertilidad del suelo, y para lograr una mejor nutrición animal de manera relativamente económica. El Programa de Pastos Tropicales del CIAT centra su atención en el mejoramiento de las praderas en las regiones de sabana (Llanos y campos Cerrados) de América tropical. Uno de los principales limitantes de la producción de ganado en estas regiones de sabana es el bajo valor nutritivo de las praderas nativas.

La introducción de pastos mejorados y la adición de una o de varias leguminosas para suministrar el nitrógeno, tan necesario para el suelo y el animal, son los medios más eficaces de producir una mayor cantidad de carne y de leche por unidad de superficie, a un costo más bajo. El principal requisito para lograr una mejor utilización de las praderas cultivadas es perfeccionar el sistema de introducción de plantas forrajeras, y acortar el período de tiempo en los ensayos de selección en parcelas pequeñas.

La investigación sobre especies forrajeras en el CIAT ha estado dirigida, durante la última década, a identificar las especies y los cultivares de leguminosas más apropiados y más resistentes bajo pastoreo, y a determinar la mejor forma de establecerlos y mantenerlos cuando se siembran en asociación con las gramíneas que compiten naturalmente con ellas.

La investigación llevada a cabo hasta ahora ha sido general en el sentido de que abarca numerosos géneros y especies, especialmente en las primeras etapas de evaluación del germoplasma. En nuestro caso, la mayoría de las especies que eventualmente alcanzan una etapa avanzada de evaluación —en experimentos de producción animal bajo pastoreo— son introducciones recientes de especies domesticadas, casi totalmente desconocidas, sobre las cuales no se posee información acerca de su comportamiento como praderas cultivadas.

Para tener éxito en la introducción y evaluación de especies forrajeras se debe disponer, con fines investigativos, de una colección numerosa de esas especies poseedoras de una amplia base genética. Una vez llenado este primer requisito, el investigador se enfrenta con un problema colosal: cómo reducir este gran volumen de material a unas cuantas especies manejables que estén bien adaptadas al medio ambiente y que tengan, al mismo tiempo, ciertas características específicas que ameriten su multiplicación e inclusión en pruebas más avanzadas de evaluación.

Evaluación preliminar

Este trabajo presenta las estrategias de evaluación de especies forrajeras que se emplean en Carimagua, la principal estación de investigación del CIAT en tierras de sabana. Dicha estación se encuentra localizada en la latitud 4°34' N, en la longitud 71°20' O, y a 160 msnm. En los Llanos Orientales, las principales sabanas son bien drenadas, isohipertérmicas, con una temperatura media, en la estación húmeda, de 23.5°C.

La precipitación anual, en promedio, de los últimos nueve años es de 2083 mm y está distribuida de abril a noviembre. El suelo es un Oxisol ácido (pH 4.1), con bajo contenido de bases, y deficiente en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y algunos microelementos. Además, los suelos presentan una marcada toxicidad de aluminio que alcanza el 86.5% de saturación de bases.

Para la evaluación preliminar, se escogen, generalmente, las introducciones por medio de métodos convencionales de selección: primero se practican, en surcos, observaciones preliminares de las características agromorfológicas, como por ejemplo, la presencia o ausencia de estolones o de rizomas, y la capacidad de las especies para producir semilla viable; en segundo lugar, se llevan a cabo experimentos de corte en pequeñas parcelas mixtas y en poblaciones puras.

En la primera etapa de evaluación, se debe aplicar el principio de la “pirámide invertida”, que se refiere a la selección rápida en un banco de genes de base amplia utilizando parámetros bien definidos, con el objetivo primordial de identificar unas cuantas especies forrajeras superiores para su evaluación en pastoreo. Las mediciones de altura de la planta, de cobertura, y de rendimiento—que demandan un tiempo considerable—deberían evitarse en esta etapa.

Evaluación adicional en pequeñas parcelas

Después de la caracterización y selección inicial del germoplasma por su grado de resistencia a plagas y enfermedades, hay varios pasos adicionales en la técnica de evaluación, los cuales se llevan a cabo antes de probar las especies en experimentos de productividad y persistencia bajo pastoreo.

Los experimentos de corte en pequeñas parcelas son útiles para comparar las accesiones establecidas con las nuevas accesiones. Las pruebas de corte en diferentes edades de rebrote se pueden emplear para simular los efectos de diferentes frecuencias de pastoreo. En las asociaciones de gramíneas y leguminosas, los índices de crecimiento relativo de las especies componentes sometidas a varias frecuencias de defoliación serán una buena señal de su compatibilidad. Por ejemplo, encontrar una leguminosa con la que se pueda sembrar la vigorosa gramínea estolonífera *Brachiaria humidicola* es un problema difícil, pero de una importancia económica considerable. *Arachis pintoii* (Krp. et Greg.), una especie silvestre de maní proveniente del estado de Bahía, Brasil, introducida a través del CSIRO, de Australia, resultó promisorio para sembrarla con esta gramínea y utilizarla bajo diversas frecuencias de corte (CIAT, Informe Anual, 1981). Las cantidades apreciables de la leguminosa que se mantienen en asociación con *B. humidicola*, se deben, aparentemente, a la alta tasa inicial de crecimiento de la leguminosa después de la defoliación (Cuadro 1). Sin embargo, una observación de este tipo debe ser aún confirmada en condiciones reales de pastoreo.

Medición de la respuesta al pastoreo

Después de haber sido sometido el germoplasma a experimentos de corte en parcelas pequeñas, las accesiones más sobresalientes se introducen en un terreno más extenso para ser evaluadas bajo pastoreo.

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca de *Brachiaria humidicola* en asociación con *Arachis pintoi*, con cuatro frecuencias de corte.

Frecuencia de corte (semanas)	Rendimiento		
	Gramíneas (kg/ha)	Leguminosas ^a (kg/ha)	Gramíneas + leguminosas (kg/ha)
2	1702	316	(15.6)
4	2366	678	(22.3)
6	2697	602	(18.3)
8	3248	707	(17.9)

a. Las cifras en paréntesis son los porcentajes de leguminosas en la materia seca.

Presencia del animal en pastoreo

La evaluación de accesiones o de mezclas de forrajes es un problema particularmente complejo. La mayor parte de la información comparativa sobre producción, que se encuentra disponible, está dada en términos de rendimiento de materia seca. Jones et al., 1980, encontraron una buena correlación entre el rendimiento de materia seca de las líneas de *Macroptilium* sometidas a corte, y ese mismo rendimiento cuando se emplearon animales como agente defoliador. No obstante, dichos investigadores concluyeron—con base en sus experimentos de producción animal en comparación con el rendimiento de materia seca—que la información obtenida en parcelas de corte que simulan el pastoreo debe ser extrapolada con gran precaución a las condiciones reales de pastoreo. Los resultados de otros experimentos respaldan estas conclusiones.

Mucho ha sido escrito sobre la presencia del animal en pastoreo como factor importante para la evaluación de accesiones y especies forrajeras. Es una creencia común que algunas especies se comportarían mejor si se las pastoreara en lugar de cortarlas, pero son muy contados los experimentos en los que se ha probado esta hipótesis. Además, existe información que prueba lo contrario; por ejemplo, en nuestros ensayos el *Andropogon gayanus*, cortado a intervalos de seis semanas, produjo tanto o más que la especie estolonífera de *Brachiaria* (Grof, 1982). Por otra parte, la cantidad de forraje, que se ofreció al animal, de *B. humidicola* y *B. decumbens* sometidos a pastoreo fue significativamente mayor que la de *A. gayanus*.¹

Evaluación de varias especies o ecotipos bajo pastoreo común

Los experimentos de pastoreo donde se mide producción animal son una forma complicada y costosa de medir la productividad relativa de accesiones y especies de germoplasma seleccionadas. En las etapas iniciales de evaluación de especies, a menudo es deseable probar una amplia gama de ellas o un rango conveniente de ecotipos de la misma especie, pero es poco práctico pensar en medir la producción animal con todas las especies. En razón de las limitaciones de que adolecen los datos de rendimiento de materia seca obtenida en un sistema de corte, conviene que sólo se

1. Grof, B. Presentado para publicación.

comparen algunas especies, cuidadosamente seleccionadas, empleando la producción animal como patrón de productividad.

El pastoreo de varias entradas

El efecto del animal sobre el forraje se puede determinar empleando un gran número de bovinos en una pradera compuesta de varias parcelas repetidas que contienen diferentes especies. El objetivo es pastorear intensamente todas las parcelas durante un período corto de tiempo a fin de defoliarlas y reducir los efectos de diferencias en palatabilidad.

Esta técnica se empleó en la evaluación del primer grupo de ecotipos de *Stylosanthes capitata*, *S. macrocephala*, y *Desmodium ovalifolium* resistentes a la antracnosis. Cada una de estas leguminosas —en total, 32 accesiones— se estableció en parcelas repetidas en asociación con *B. decumbens* y *A. gayanus*, formando un diseño de “ajedrez” cuyas subdivisiones medían una hectárea. Durante la estación seca se pastorearon 30 cabezas de ganado en el área total del ensayo—es decir, 12 hectáreas—y el número de cabezas aumentó a 60 durante la estación húmeda. Los intervalos de descanso entre pastoreos fueron de cuatro semanas, en promedio, durante la estación húmeda, y de seis semanas en la estación seca. El número de cabezas de ganado y el período de pastoreo se calcularon de tal forma que la mayor parte del forraje disponible pudiera ser consumido en dos días. Las cantidades de forraje disponible—o de materia seca en oferta—se registraron al comienzo de cada período de pastoreo.

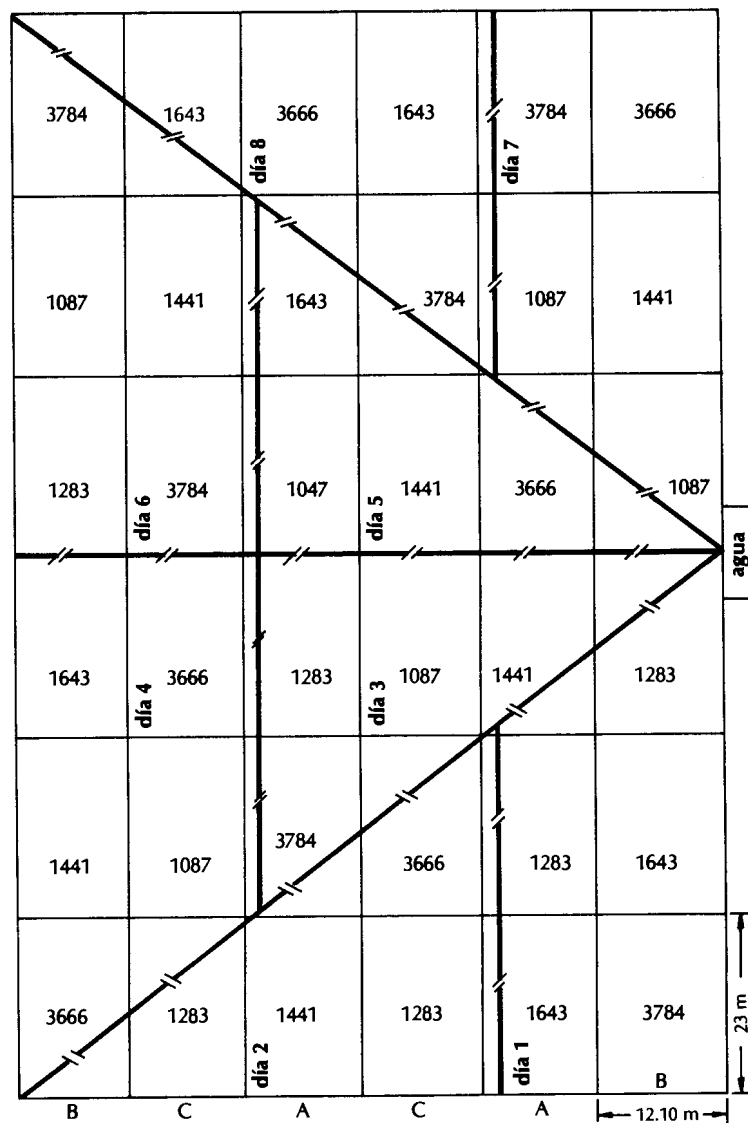
Pastoreo intensivo

Actualmente se está empleando en el CIAT una técnica de pastoreo intensivo en un ensayo compuesto por tres especies de gramíneas y seis leguminosas. La preferencia, inevitable en el pastoreo, se ha minimizado mediante el uso de cercas eléctricas. Las 18 combinaciones se establecieron en parcelas duplicadas y el área total de 1 ha se dividió en cuatro secciones con líneas eléctricas transportables. El movimiento de los animales dentro de las subdivisiones se controla diariamente. La carga es de 2 unidades animales por ha, y el forraje del ensayo se pastorea durante ocho días y se deja descansar durante 32 días, en los ocho meses de la estación húmeda. El período de descanso es de 40 días en la estación seca. El diseño experimental se observa en la Figura 1. El método permite comparar gran número de entradas en un área pequeña.

Evaluación bajo pastoreo de líneas avanzadas

A fines de la década del 70 se seleccionaron varias especies de *Centrosema* y algunos ecotipos de *S. capitata* y *D. ovalifolium*, para su evaluación preliminar bajo pastoreo en la estación de investigación de Carimagua. Se empleó un diseño estándar que consistía en parcelas de 200 a 300 m² por tratamiento, y se distribuyeron 10 o más accesiones en cuatro bloques completos al azar. Esta área de 1.25 ha se pastoreó en rotación como parte de un conjunto de tres parcelas del mismo tamaño y de diseño similar. El ciclo de rotación constaba de una semana de pastoreo y dos de descanso. Se mantuvo una carga de 2 a 2.5 UA/ha durante los ocho meses de la estación húmeda, con un cambio de 1.6 UA/ha durante la estación seca.¹

1. UA = unidad animal = 420 kg, peso vivo.



- | Gramínea | Leguminosa |
|--------------------------------|-----------------------------|
| A = Pradera nativa | 1643 <i>S. macrocephala</i> |
| B = <i>Melinis minutiflora</i> | 1087 <i>S. leiocarpa</i> |
| C = <i>Andropogon gayanus</i> | 1441 <i>S. capitata</i> |
| | 1283 <i>S. guianensis</i> |
| | 3666 <i>D. ovalifolium</i> |
| | 3784 <i>D. ovalifolium</i> |

Figura 1. Diseño de campo de una parcela experimental de pastoreo que contiene leguminosas. El área —una hectárea— se subdividió con cerca eléctrica. (—|—). Siembra: julio 4, 1981.

Estudios de casos de especies forrajeras

Centrosema spp.

Como punto de partida de las pruebas de pastoreo se considera un experimento de corte en el que se compararon 30 introducciones de ocho especies de *Centrosema* bajo un régimen de corte estacional. Los rendimientos de materia seca, en promedio, de esas especies indicaron que dentro de *Centrosema macrocarpum*, *C. brasilianum*, *C. acutifolium*, y *C. pubescens* hay introducciones potencialmente valiosas como cultivares forrajeros para el ecosistema de los Llanos Orientales (Cuadro 2).

La especie anual *C. pascuorum* produjo cantidades apreciables de materia seca al comienzo de la estación húmeda pero completó su ciclo de vida antes del final de las lluvias. *C. virginianum*, evidentemente, no se adapta a los suelos de sabana, ácidos y altamente saturados de aluminio; por último, las introducciones de *C. schiedeanum* ensayadas se vieron gravemente afectadas por enfermedades foliares. Estas especies no deseables se eliminaron y no fueron sometidas a evaluación posterior.

En la prueba de seguimiento bajo pastoreo, se compararon 16 introducciones de las especies promisorias de *Centrosema* en asociación con *A. gayanus*. Todas las especies de este ensayo fueron bien aceptadas por los animales en pastoreo y no se observó preferencia por alguna de ellas en ninguna de las etapas. Los parámetros utilizados en el proceso de evaluación y selección fueron el forraje disponible—o materia seca en oferta—y la composición botánica de la pradera. La carga animal fue de 2.5 UA/ha durante los ocho meses de la estación húmeda y 1.6 UA/ha en la estación seca.

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca, en promedio, de 30 accesiones de ocho especies de *Centrosema* bajo un régimen estacional de corte durante el período diciembre 1979-marzo 1982, en Carimagua, Llanos Orientales.

Especie	Accesiones (no.)	Rendimiento ¹ (kg MS/ha)
<i>C. macrocarpum</i>	5	3814 a
<i>C. brasilianum</i>	4	2773 a
<i>C. acutifolium</i>	2	2757 bc
<i>C. pubescens</i>	8	2391 c
<i>C. pascuorum</i>	5	1089 d
<i>C. virginianum</i>	2	1084 d
<i>C. schiedeanum</i>	1	1084 d
<i>Centrosema</i> sp.	3	1084 d

1. Promedio de todas las accesiones, y de nueve cosechas. Los valores precedidos por una letra diferente son significativamente diferentes ($P < 0.05$).
MS = materia seca.

Las cantidades de materia seca en oferta—determinadas en 15 fechas de muestreo durante la época de pastoreo entre octubre de 1980 y marzo de 1982—concordaron con los resultados del experimento de corte, es decir, *C. acutifolium*, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum* produjeron también altos rendimientos de materia seca en pastoreo. Sin embargo, *C. acutifolium* dio un rendimiento de materia seca consistentemente más alto que el de las otras dos especies, las cuales sobresalieron principalmente durante la estación seca. Observaciones posteriores señalaron una mejor supervivencia de *C. brasilianum*, gracias a su hábito de autopropagación por semilla, en tanto que la densidad de plantas de *C. macrocarpum* disminuyó significativamente (Figura 2).

Stylosanthes capitata

Se evaluaron bajo pastoreo 10 ecotipos de *S. capitata* de floración temprana y media, en asociación con *A. gyanus*. Las características estudiadas fueron la materia seca disponible y la composición botánica de la pradera. Los demás detalles del ensayo se conservaron iguales a los del experimento con *Centrosema*.

En este experimento se registraron cambios muy dinámicos en el contenido de gramíneas y leguminosas, y la población de plantas de los ecotipos de floración media disminuyó rápidamente en el segundo año después del establecimiento. La información sobre el forraje disponible y sobre la composición botánica de la pradera indicó que cuatro ecotipos de floración temprana y de hábito de autopropagación por semilla persistieron y dieron un mejor rendimiento en pastoreo que las líneas de *S. capitata* de floración media (Cuadro 3).

Desmodium ovalifolium

Esta leguminosa forrajera mostró su habilidad para competir con gramíneas estoloníferas vigorosas como *B. humidicola*. Se probaron nueve accesiones de *D. ovalifolium* en la prueba estándar de pastoreo—una semana de ocupación y dos de descanso—con los tratamientos distribuidos en cuatro bloques completos al azar.

Cuadro 3. Número de plantas por m², en promedio, de seis accesiones de *Stylosanthes capitata* cultivadas en asociación con *Andropogon gyanus*, en una pradera de tres años de edad pastoreada en Carimagua, Llanos Orientales.

<i>Stylosanthes capitata</i> ¹		
Accesión del CIAT	Característica	Plantas/m ²
1728	Floración temprana	26 a
1693	Floración temprana	23 a
1019	Floración temprana	22 a
1943	Floración temprana	15 b
1318	Floración media	3 c
1315	Floración media	2 c

1. Los valores precedidos por una letra diferente son significativamente diferentes (P < 0.05).

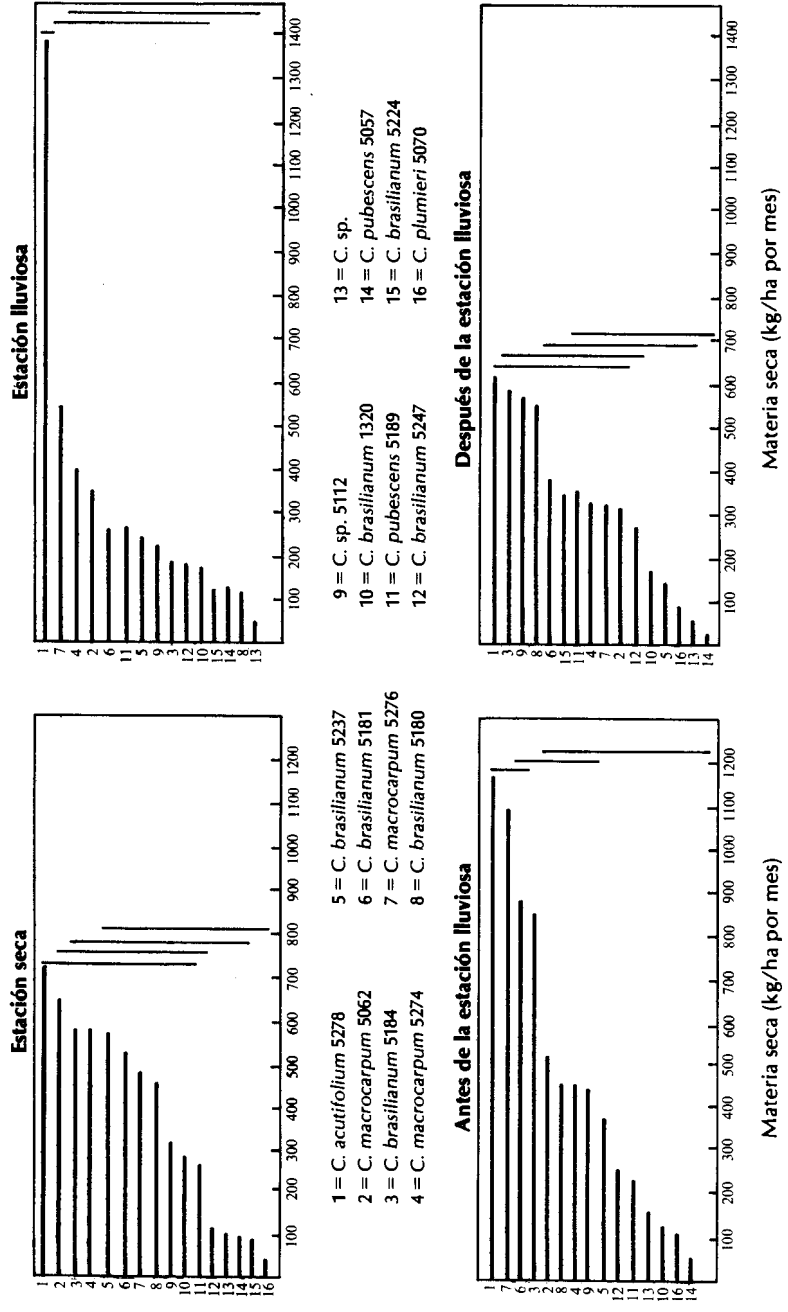


Figura 2. Materia seca disponible de 16 accesiones de *Centrosema* spp. asociadas con *Andropogon gayanus*, en Carimagua, Llanos Orientales de Colombia. Los valores medios unidos por la misma línea no son significativamente diferentes ($P < 0.05$) según la prueba de rangos múltiples de Duncan.

La materia seca disponible, registrada en 15 fechas de muestreo, indicó diferencias significativas de rendimiento (Figura 2). Se obtuvo información adicional sobre la capacidad de producción de semilla de las nueve accesiones. Se observó nuevamente una variabilidad significativa entre ecotipos, en la producción de semilla, y en la regeneración de plántulas.

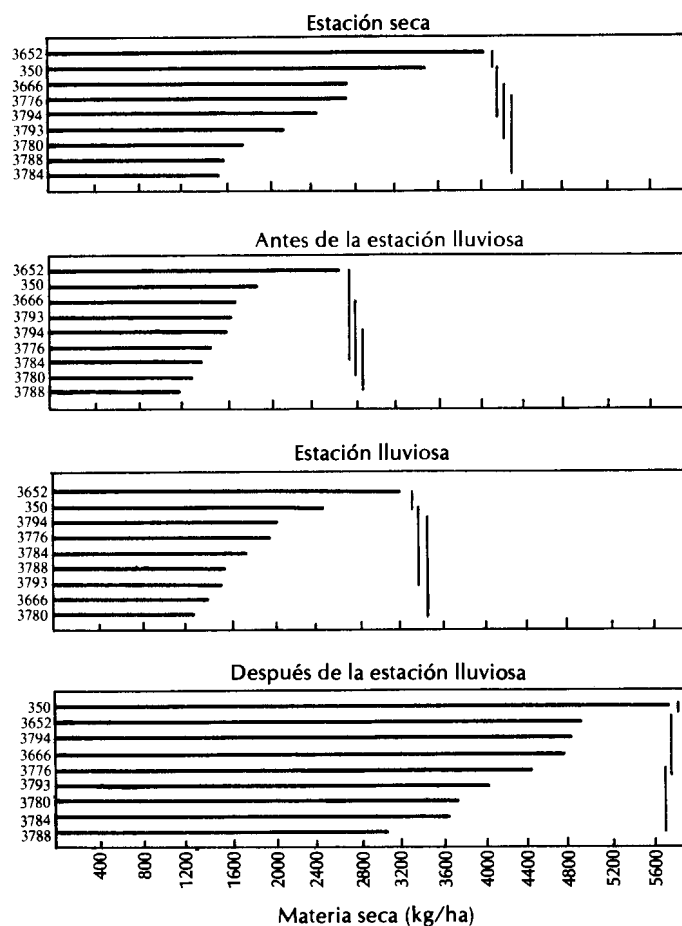


Figura 3. Materia seca disponible de nueve ecotipos de **Desmodium ovalifolium** en asociación con **Brachiaria humidicola** en Carimagua, Llanos Orientales de Colombia. Los valores medios unidos por la misma línea no son significativamente diferentes ($P < 0.05$) según la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Evaluación del germoplasma forrajero bajo pastoreo en etapas avanzadas de selección

Raymond J. Jones*

Resumen

La evaluación bajo pastoreo es una fase importante en la evaluación de germoplasma forrajero para la selección de nuevos cultivares. El paso a esta etapa de evaluación supone la adaptación del germoplasma a las condiciones climáticas y edáficas del área o de las áreas en que será utilizado; supone también un alto rendimiento en el germoplasma, su resistencia a plagas y a enfermedades, y un objetivo claramente definido sobre el uso que se le dará.

El pastoreo común de todas las accesiones que se están evaluando es una práctica corriente en esta etapa, pero hay que ser cuidadoso para evitar preferencias de ciertas accesiones por parte de los animales. Se sugiere, por tanto, agrupar las accesiones cuyas plantas tienen forma similar en experimentos independientes, separar las diferentes variables del tratamiento de fertilización, utilizar dos o más regímenes de pastoreo, y emplear parcelas pastoreadas individualmente.

Los problemas básicos relacionados con el número de localidades, con las estrategias que se emplearán, con la duración de los experimentos, y con las mediciones que se tomen en el forraje evaluado también se discuten en este trabajo.

Se concluye que los procedimientos teóricos para la evaluación efectiva del germoplasma de praderas tropicales sometido a pastoreo, sí son conocidos;

* Investigador princ., Div. de Cultivos y Pastos Tropicales, CSIRO; Dir. Int., Davies Lab., PMB, Queensland, Australia,

si algo se requiere, es que sean aplicados eficazmente. Se describen dos técnicas empleadas en la división de Pastos y Cultivos Tropicales del CSIRO que podrían adoptarse en otros lugares.

Si se siguen los principios básicos para la evaluación bajo pastoreo, podemos estar seguros de que se efectuará una “autoevaluación” de las mejores accesiones de forrajes.

Introducción

La evaluación de los forrajes tropicales bajo pastoreo es una fase importante del programa general de evaluación, a fin de identificar, distribuir, y promover nuevos cultivares. Dicho programa comienza, generalmente, con la recolección de un gran número de gramíneas y leguminosas que se someten a distintas etapas de evaluación, en cada una de las cuales se aproximan más a la situación real en que se utilizarán; la fase final es la distribución de gramíneas y leguminosas superiores a la industria en forma de nuevos cultivares (ver revisión de Jones y Walker, 1982). La secuencia de eventos que comprende un programa de evaluación de forrajes se observa en la Figura 1.

El objetivo de la fase de evaluación bajo pastoreo es promover aquellas especies o accesiones que vale la pena someter a pruebas avanzadas en experimentos de producción animal. Es de vital importancia que los métodos de evaluación en esta etapa permitan identificar aquellas accesiones que, por una u otra razón, son inferiores a los cultivares corrientes empleados como testigos, a fin de poder eliminarlas para no incluirlas en evaluaciones posteriores más costosas.

Requisitos para la etapa III de selección

Los requisitos para pasar a la etapa III de evaluación se desprenden de los objetivos generales del programa de evaluación. Estos deben definirse claramente a fin de que el personal del programa los conozca y esté de acuerdo con ellos. La falta de claridad en los objetivos redundará en la selección de especies inadecuadas o en que se lleven registros inapropiados.

Como objetivos claramente determinados se podrían citar los siguientes:

- a) una gramínea para pastoreo intensivo con fertilización nitrogenada, bajo riego;
- b) una gramínea compatible con las leguminosas ya existentes, probadas ambas con un régimen mínimo de fertilizantes en condiciones semiáridas;
- c) una leguminosa para suelos arcillosos quebradizos que tengan una alta saturación de bases y un pH alto;
- d) una leguminosa muy adaptable a los trópicos húmedos tanto para sistemas de insumos altos como bajos;
- e) combinaciones de leguminosas y gramíneas para sistemas de insumos bajos en el Cerrado de Brasil;
- f) una leguminosa para sobresembrar en el ecosistema de bosques maderables de los suelos rojos infértiles del norte de Australia;
- g) una leguminosa para praderas temporales, en un sistema de cultivo y producción de ganado sin labranza.

Si el objetivo puede ser claramente determinado—aunque éste sea mucho más complejo y de más amplio alcance que los ejemplos referidos—el programa de evaluación se podrá diseñar e interpretar más lógicamente. En general, los programas de evaluación tienen un alcance muy amplio cuando la investigación sobre forrajes comienza en un área determinada.

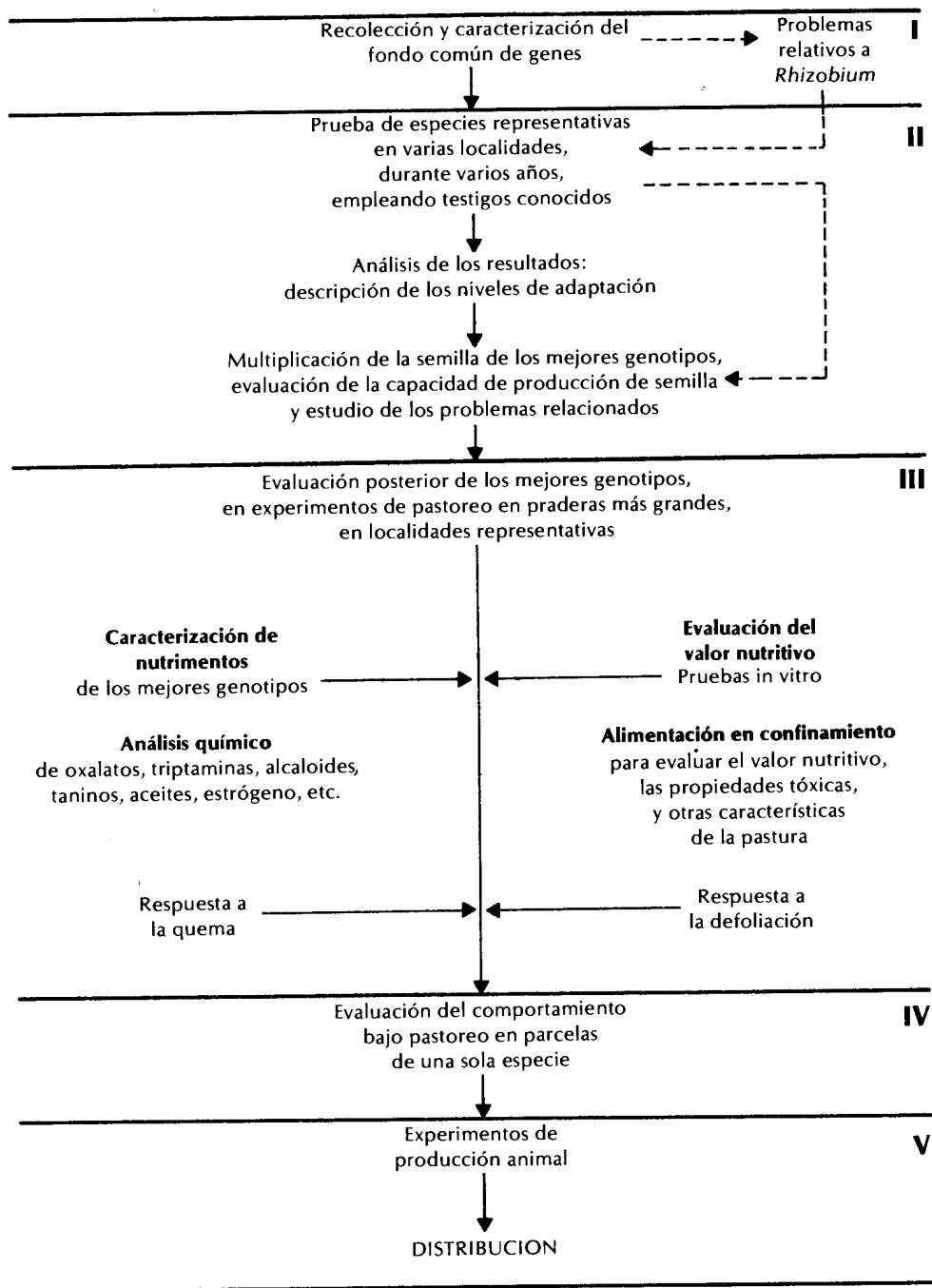


Figura 1. Secuencia de los eventos que comprende un programa de evaluación de forrajes.
FUENTE: Jones, R.J., y Walker, B., 1982.

Aunque ésta es la forma en que se debe comenzar, a medida que el trabajo progresa las limitaciones del material existente se hacen más evidentes, y entonces, los objetivos se pueden ir concretando. Se espera, por consiguiente, que las estrategias de evaluación varíen con el tiempo a medida que se acumula nueva información. Con respecto a este trabajo, se asume que se ha hecho muy poca evaluación en pastoreo, pero que se ha evaluado una extensa colección de leguminosas y gramíneas en parcelas de introducción y en experimentos de corte, en un amplio rango de suelos y zonas ecológicas representativas, y durante un período de tiempo suficiente que permita evaluar su adaptación a las áreas climáticas en que esas especies forrajeras sean utilizadas.

Entre los criterios que vale la pena considerar para la selección de germoplasma basada en la información reunida, se pueden enumerar (Bryan et al., 1964; Shaw et al., 1976a) los siguientes:

- a) Altos rendimientos (de cada una de las especies sembradas, y no sólo el rendimiento total de la parcela).
- b) Buena distribución de la producción de forraje a lo largo de la estación.
- c) Alto nivel nutritivo (composición química, digestibilidad, abundancia de hojas, aceptación por el animal).
- d) Persistencia (densidad de plantas en el último año en relación con la densidad del primer año).
- e) Resistencia a enfermedades.
- f) Tolerancia a plagas.
- g) Compatibilidad con leguminosas o gramíneas asociadas.
- h) Ausencia de altos niveles de componentes perjudiciales (oxalatos y otros).
- i) Capacidad de la planta para reproducirse fácilmente, ya sea por semilla o vegetativamente.
- j) Capacidad de las leguminosas para nodular eficazmente con *Rhizobium* nativo o inoculado.
- k) Ausencia—en la planta—de espinas, púas, vainas en forma de gancho, o cualquier nudo o protuberancia, especialmente si se van a emplear para pastoreo de ganado bovino.
- l) Morfología de la planta (podría ser necesario emplear especies de porte más alto en regiones con problemas de malezas, y especies de porte bajo en plantaciones de coco para poder encontrar los cocos caídos).
- m) Capacidad para crecer y persistir sin aplicar fertilizantes—o con muy baja aplicación—pero pudiendo responder también a los fertilizantes que se apliquen.

Si se incluyen cultivares como testigo en las evaluaciones iniciales, los atributos enumerados se podrían comparar con los de los testigos ya sea por medio de una evaluación cuantitativa o por técnicas subjetivas. Obviamente, no tendría objeto continuar la evaluación si las accesiones son inferiores a los testigos.

Por consiguiente, con base en los resultados de la etapa II se podrán seleccionar ya las plantas adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas estudiadas. Su ajuste a un medio ambiente en particular se reflejará en su rendimiento alto y relativamente bien

distribuido, y en su resistencia a plagas y enfermedades. En muchas situaciones se relacionarán los altos rendimientos totales de las accesiones con un buen crecimiento de las leguminosas, ya que cuando se carece de una fuente externa de nitrógeno, los rendimientos en suelos de poca fertilidad serán bajos. El investigador debe tener presentes y utilizar los datos que, en las primeras etapas de evaluación, pueda obtener sobre:

- a) morfología de la planta;
- b) patrón de crecimiento y rebrote;
- c) patrón de floración;
- d) formación de las semillas; y
- e) rendimiento y persistencia de la planta.

Estos datos le permitirán al investigador eliminar accesiones con características indeseables como las espinas o que florecen demasiado tarde y, por tanto, no producen semilla.

El grado de severidad empleado para eliminar las accesiones que no son superiores a los testigos dependerá del número de especies evaluadas. Cuando tan sólo se seleccionan unas cuantas, se puede continuar la evaluación en pastoreo de todas ellas. Si el número es muy grande, valdría la pena eliminar algunas. Si al evaluar estas accesiones se utilizó el análisis de variables múltiples (Williams, 1976), es posible seleccionar representantes de diversos grupos. Una alternativa es escoger subjetivamente aquellas accesiones cuyo origen, hábito de crecimiento, y comportamiento en la floración es diferente, y seleccionar únicamente unas cuantas representantes de los grupos que posean características similares. Si alguno de los grupos escogidos resulta sobresaliente, las variedades pertenecientes a este mismo grupo, que fueran inicialmente rechazadas, se podrían someter entonces a las pruebas de pastoreo.

En las fases I y II de los programas de evaluación, el germoplasma superior se seleccionará con base en los puntos que se acaban de discutir. Como casi seguramente habrá gramíneas y leguminosas, la evaluación del pastoreo podrá hacerse conjunta o independientemente. Si hay más de cinco entradas de cada forraje (es decir 25 tratamientos para comparar) se deben emplear experimentos independientes tanto para las leguminosas como para las gramíneas, a fin de reducir el tamaño del experimento a proporciones manejables.

Manejo del pastoreo en parcelas experimentales

Hay muchas formas de pastorear las parcelas. Con más de diez entradas, el pastoreo común de todas las especies es la única forma práctica de evaluación en la mayoría de los casos. Este aspecto se discute a continuación.

La frecuencia y la intensidad del pastoreo pueden variar considerablemente y es de esperar que la clasificación que se asigne a un conjunto de especies varíe de acuerdo con aquéllas. Si las accesiones se destinan al pastoreo intensivo—donde los ganaderos aplicarán el sistema de rotación—es necesario imponer este tipo de manejo del pastoreo a las accesiones que se están evaluando. Las parcelas se pueden pastorear entonces intensamente cada cuatro a seis semanas a lo largo del año. Si las especies que

se están evaluando serán empleadas en pastoreo extensivo y con un sistema de pastoreo más o menos continuo, sería imposible efectuar este tipo de evaluación en parcelas pequeñas. Sin embargo, es posible medir la reacción de las plantas al pastoreo y al pisoteo, y los efectos del pastoreo en la competencia ya sea entre especies o con las malezas invasoras.

Independientemente del sistema de pastoreo que se escoja, es importante reducir al máximo las posibilidades de errores de apreciación, especialmente cuando las especies más palatables constituyen sólo una pequeña proporción del número de especies evaluadas. Esta situación puede ocasionar el sobrepastoreo severo de unas cuantas especies, impidiendo conocer su potencial de rendimiento y facilitando la invasión de las malezas. Un número alto de animales durante dos o tres días es, generalmente, una mejor estrategia que emplear unos cuantos animales durante un período prolongado; de este modo, habrá poca oportunidad de que los animales pastoreen de nuevo las plantas preferidas, que defoliaron cuando se inició el pastoreo. Los efectos de preferencia diferente por el animal se pueden reducir también fijando un tiempo suficiente de descanso entre pastoreos, para permitir que las plantas se recuperen cuando el pastoreo ha sido intenso. En estos casos, los intervalos de seis a ocho semanas son preferibles a los de tres a cuatro semanas. Las diferencias en presencia pueden afectar los residuos después del pastoreo, lo que influiría en el estimativo que se haga sobre el rendimiento de materia seca en la medición siguiente. Obviamente esta situación es más grave cuando las parcelas se pastorean y se someten a mediciones frecuentes; en tal caso, los posibles errores de apreciación se pueden disminuir cortando todas las parcelas a una altura uniforme inmediatamente después de cada pastoreo, pero no tiene objeto pastorear a 20 cm del suelo y luego cortar la pradera a 10 cm, ya que la mayor parte del efecto de defoliación sería ocasionado por el corte (Shaw et al., 1976a). El corte puede introducir también errores de apreciación en la evaluación bajo pastoreo de ciertas especies cespitosas y rastreras cuando se podan muy bajo. Por otra parte, si el corte se hace con una guadaña rotativa, se podrían dañar gravemente algunas leguminosas volubles, como el Siratro, debido al efecto de succión de la guadañadora combinado con la acción rotatoria de las cuchillas, que puede cortar los estolones por debajo de la altura establecida, en detrimento del rebrote subsiguiente.

Los residuos no consumidos son, generalmente, aquéllos contaminados con heces, sobre todo cerca de los bebederos. Para evitar esa contaminación, los bebederos se deben localizar en un área alejada de las parcelas experimentales y deben ser suficientemente grandes a fin de que los animales no tengan que esperar su turno para beber. Cuando se evalúa germoplasma en parcelas pequeñas éstas, generalmente, no tienen sombra, y la ingestión de agua puede ser muy alta. Si la presión del agua es baja, se debe instalar un sólo bebedero grande en vez de bebederos individuales.

Es importante emplear, en la evaluación, las especies de animales para las cuales se destinarán los forrajes, es decir, si se busca la producción de carne de res para el pastoreo se debe emplear ganado vacuno en lugar de corderos o cabras. Aunque cada especie animal pastorea de manera diferente, el autor no conoce evidencia experimental que indique que el ordenamiento de especies bajo evaluación cambie con la especie

de animal utilizada. Para la evaluación del pastoreo en las parcelas se emplean generalmente novillos, pero no hay razón que impida el empleo de otra clase de ganado vacuno.

Métodos para reducir errores de apreciación

Como se indicó en la sección anterior, los errores de apreciación se presentan debido a muchas razones. En los experimentos de parcelas pequeñas bajo pastoreo, la causa principal de estos errores es la variación en la morfología de la planta así como la reacción de ésta a la presión de pastoreo. Además, la diferencia en palatabilidad relativa es también una causa de los errores de apreciación. La posibilidad de errar se puede minimizar, en algún grado, agrupando las plantas que se evaluarán, separando las parcelas según el tratamiento de fertilización, utilizando dos o más métodos de pastoreo para medir las interacciones, y pastoreando las especies independientemente.

Agrupación de las introducciones

Si las plantas difieren sustancialmente en cuanto a su morfología, sería ilógico compararlas conjuntamente bajo un sistema de pastoreo común. Incluir, por ejemplo, introducciones de *Stylosanthes scabra*, *Leucaena*, *Macroptilium* y *Arachis glabrata* en un experimento de pastoreo común, obstaculizaría el pastoreo uniforme de las entradas e impediría la obtención de datos reales de su rendimiento. Estas plantas difieren en su hábito de crecimiento y palatabilidad relativa en un grado tal que sería difícil obtener información significativa de este tipo de experimento. Sería igualmente difícil obtener resultados significativos de la comparación de gramíneas como *Pennisetum purpureum* con *Axonopus* o *Paspalum notatum*, por ejemplo, evaluadas bajo pastoreo común. Las leguminosas arbustivas también deben compararse independientemente ya que, además de diferir mucho en su morfología deben manejarse según objetivos específicos como la provisión de forrajes para la estación seca. Por tal razón, el pastoreo de estas especies no se podría hacer hasta la segunda mitad de la estación húmeda, a fin de permitir la acumulación del material que se emplearía posteriormente como forraje.

Separación de los tratamientos de fertilizantes

Para evitar el pastoreo excesivo de algunos tratamientos con fertilizantes, es necesario cercarlos separándolos así de los que han recibido bajos niveles de fertilización o no han recibido ninguna. La evidencia demuestra que, en áreas con deficiencias de minerales, los animales no solamente pastorean de preferencia en las parcelas fertilizadas—resultado conocido durante muchos años—sino que pueden pastorear selectivamente los componentes de las parcelas fertilizadas y de aquellas sin fertilizar. Por ejemplo, en el norte de Australia, los animales consumieron mucha más leguminosa en parcelas fertilizadas con superfosfato, que en parcelas de *Stylosanthes* spp. sin fertilizar, en un suelo eficiente en fósforo (McLean et al., 1981). Es probable que las deficiencias de otros nutrimentos también influyan en la palatabilidad relativa de las especies forrajeras.

Empleo de diferentes regímenes de pastoreo

La evaluación bajo pastoreo del comportamiento de una o varias especies asociadas puede hallarse limitada, o sujeta a equívocos, cuando se emplea un solo sistema de pastoreo. El empleo de dos o más métodos de pastoreo permitirá la evaluación de las interacciones y de la estabilidad relativa de las accesiones a las variaciones en el pastoreo. Naturalmente, para poder aplicar los distintos tratamientos de pastoreo es preciso emplear cercas, puertas, y accesos. Es más conveniente variar la frecuencia que la intensidad del pastoreo en las parcelas pequeñas pastoreadas en común, ya que la variación de la intensidad puede ocasionar preferencias de pastoreo debido a la mayor o menor palatabilidad de las especies, como se discutió anteriormente.

Todas las interacciones entre germoplasma y tratamiento de pastoreo son de gran interés. En general, las especies o las asociaciones que se comportan bien bajo todos los tratamientos de pastoreo tienen más flexibilidad, desde el punto de vista comercial, y deberían ser seleccionadas. En un experimento con *Setaria splendida* CPI 15889—una especie suculenta y productora de macollas grandes—ésta se comportó bien con el régimen tanto de pastoreo frecuente como espaciado, en comparación con varios ecotipos de *S. spachelata* var *sericea*. Se había anticipado que esta introducción exhibiría un comportamiento deficiente con el pastoreo frecuente; sin embargo, las plantas produjeron muchas más macollas, aunque más pequeñas, y mantuvieron su persistencia (Jones, 1965).

Empleo de parcelas pastoreadas individualmente

Este método tiene ventajas obvias por cuanto evita la preferencia por el animal ocasionada por el pastoreo selectivo. No es aplicable cuando se está comparando un número grande de accesiones, así que se debe emplear únicamente cuando en los experimentos previos de corte se encontraron tan solo unas cuantas leguminosas o gramíneas superiores al testigo. Por otra parte, este método también se podría utilizar cuando existe duda sobre el valor real de una especie que había sido excesivamente pastoreada cuando se la probó junto con otras especies. En otras palabras, esta podría ser una práctica intermedia entre el pastoreo común y el pastoreo intensivo, valiosa para medir la producción animal. Este método ha sido descrito con más detalle (Jones et al., 1980) y se discutirá detenidamente más adelante.

Problemas prácticos

Los proyectos finales para la evaluación bajo pastoreo—en pequeña escala—de especies forrajeras, se desprenden generalmente del balance entre los requisitos teóricos y las metas que se pueden lograr en la práctica. Esta situación es válida para la mayoría de los aspectos del programa de evaluación general, aspectos que se considerarán a continuación.

Número de localidades

La disponibilidad de recursos, incluyendo mano de obra y semilla, a menudo limitan el número de localidades que se pueden incluir en los ensayos. Los esfuerzos

cooperativos pueden ampliar el alcance del programa de evaluación permitiendo una investigación más completa del germoplasma que se está estudiando. Todo esfuerzo cooperativo bien coordinado debe ser estimulado. El número de localidades será necesariamente menor que el de la etapa II de evaluación pero la información obtenida en esta etapa se puede utilizar para identificar otros sitios que son claramente diferentes. Se ha hecho énfasis en la necesidad de determinar localidades de evaluación representativas en cuanto a vegetación, clima y características edáficas (Jones y Walker, 1982). Las pruebas en diversas localidades permitirán exponer el germoplasma a muchas más condiciones climáticas que la evaluación prolongada en un solo sitio, y permitirán también hacer recomendaciones, basadas en el programa de evaluación, con mucha más seguridad. Además, dicha estrategia ayudará a identificar aquellas accesiones con una amplia capacidad de adaptación que deberían recibir prioridades en las evaluaciones y en la promoción subsiguientes.

Estrategias de evaluación

Después de haber identificado el material superior en la etapa II, el paso siguiente es encontrar la mejor estrategia para la evaluación bajo pastoreo. En la mayoría de los programas, las leguminosas deberían tener prioridad sobre las gramíneas, ya que el nitrógeno es el que limita la productividad de casi todos los ecosistemas de pradera. Generalmente, las leguminosas se evalúan con una o varias gramíneas, y las gramíneas con una leguminosa o una mezcla de leguminosas de características conocidas. Esta última estrategia constituye una garantía contra la pérdida de una leguminosa a causa de las peculiaridades de la localidad o por enfermedades o plagas. La mezcla de leguminosas es el método que se emplea cuando se están evaluando gramíneas en distintas localidades, ya que con él son mayores las posibilidades de encontrar alguna leguminosa que persista en todas las localidades. Así mismo, si se prueban diferentes cargas animales, también serán mayores las probabilidades de identificar una leguminosa para cada presión del pastoreo.

Cuando se evalúan leguminosas, se debe emplear, como especie asociada, una gramínea conocida, aunque debe considerarse la posibilidad de emplear dos especies de gramíneas (una cespitosa y una rastrera) para medir la compatibilidad de las leguminosas con cada uno de estos tipos de plantas. Las gramíneas se pueden establecer vegetativamente para lograr así una densidad constante de plantas en todas las parcelas (Jones et al., 1967) o por medio de semilla que se esparce sobre los tratamientos de leguminosas. La evaluación de todas las combinaciones de gramíneas y leguminosas que han demostrado ser promisorias en los experimentos de corte, podría convertirse en un experimento muy extenso en cada localidad. En este caso, sería necesario pastorear independientemente parcelas repetidas para obtener un pastoreo más uniforme. Además, podría requerirse alguna estrategia con la cual se logre más precisión que con los diseños corrientes de bloques al azar normalmente empleados.

Al evaluar, por ejemplo, 49 asociaciones diferentes de especies forrajeras en pastoreo, se utilizó un diseño de látice de 7 x 7 para tratar de aumentar la precisión de los resultados (Jones et al., 1969). Cuando se piensa comparar gramíneas que se propagan vegetativamente, hay que tener sumo cuidado con el espaciamiento para evitar posibles errores de apreciación. En una comparación de varias accesiones de *Panicum* en

Cuba, con un espaciamiento estándar de 70 x 70 cm, Monzote et al. (1979) observaron una invasión mayor de malezas y menores rendimientos en los tipos de porte más bajo, que producen un número menor de macollas. Tal vez sea mejor utilizar un espaciamiento menor para todas las entradas aun cuando los cultivos altos se vuelvan ralos, un resultado preferible a que los cultivos de porte bajo no puedan expresar su potencial por ocupar un gran espaciamiento.

El tamaño de las parcelas dependerá del tipo de diseño escogido y de la naturaleza de las especies que se evaluarán. Las especies de crecimiento alto requieren parcelas más grandes para evitar los efectos de borde. Las parcelas pastoreadas individualmente deben ser mucho más grandes que las empleadas para el pastoreo común. En general, los investigadores han empleado parcelas con tamaños que varían de un mínimo de 10 a 50 m²—para experimentos de pastoreo común—hasta 200 m² y más para parcelas individualmente pastoreadas. Cuando se está comparando un número relativamente bajo de accesiones con un solo sistema de manejo del pastoreo, se han utilizado, usualmente, de 4 a 6 repeticiones. Con un número mayor de accesiones, o con varias presiones de pastoreo, se emplean de 2 a 4 repeticiones. Sin embargo, para cada experimento se debe solicitar la ayuda de una persona especializada en biometría, ya que con sus sugerencias se podrá aplicar un diseño eficiente que aumente la precisión de las comparaciones.

Duración

Para obtener resultados confiables, se requieren tres años—y preferiblemente cinco—como mínimo, sobre todo si las estaciones del año son atípicas. A menudo, el nitrógeno liberado después de la preparación del suelo es suficiente para estimular un crecimiento adecuado de la gramínea y una fuerte competencia en relación con la leguminosa, durante un período de dos años. En tal caso, las gramíneas vigorosas que no son particularmente compatibles con leguminosas, darían los rendimientos más altos. Los resultados de años posteriores son mucho más valiosos que los de los primeros años cuando la humedad del suelo y el nitrógeno liberado en la preparación pueden haber favorecido a algunas especies. Mientras mayor duración tenga el período de evaluación, mayor será la posibilidad de identificar las enfermedades o plagas asociadas con las especies en prueba. Es mucho mejor tropezar con estos problemas en esta etapa que en las etapas posteriores, que involucran experimentos más costosos, o en los predios de los ganaderos después de la distribución de la variedad. La evaluación de la persistencia sólo se puede efectuar durante un período prolongado y de ninguna manera se puede pensar en ahorrar tiempo cuando se trata de evaluar esta característica.

Mediciones de las praderas

Las mediciones que se efectúan en los experimentos de evaluación han sido descritas en detalle por otros autores (Shaw et al., 1976b; 't Mannetje, 1978). En este trabajo no se repetirá esa descripción. Es importante escoger las mediciones convenientes con el propósito de seleccionar las accesiones que posean los atributos deseables ya definidos durante la etapa de planeación del programa de evaluación. Las mediciones clave son el rendimiento y la persistencia, junto con el valor nutritivo, y la aceptación del forraje

por el animal en comparación con un tratamiento testigo. En algunos experimentos, las únicas estimaciones del valor nutritivo que se pueden hacer en el forraje son su composición mineral y su digestibilidad *in vitro*. Estimar el consumo es imposible en el pastoreo común, y sólo se logra hacerlo en parcelas pastoreadas individualmente por medio de muestreos anteriores y posteriores al pastoreo; hay que tener presentes, sin embargo, los errores que se pueden presentar con los métodos que se utilizan actualmente (Corbett y Greenhalgh, 1960; Campbell, 1969).

Frecuencia del muestreo para medir la producción

Los estimativos del rendimiento se efectúan, a menudo, mediante diversas técnicas, inmediatamente antes de cada pastoreo, y la composición botánica se mide en las mismas muestras tomadas para calcular el rendimiento. El muestreo después de cada pastoreo no es importante, especialmente después del primer año cuando ya se han establecido tendencias fáciles de observar. En parcelas individualmente pastoreadas, las diferencias relativas en rendimiento entre tratamientos se miden una vez al año y tienen validez para todo el año (Jones, 1979). Es probable que de otros experimentos se pueda llegar a las mismas conclusiones. De ser así, se podría dirigir el esfuerzo a otras mediciones y observaciones que expliquen las diferencias en rendimiento o los cambios en composición botánica ocurridos en el experimento. Si las parcelas son pequeñas, cortarlas para tomar las muestras antes de cada pastoreo podría convertir el experimento en un ensayo de corte.

Preferencia del animal

Es importante registrar las diferencias que presentan las accesiones en cuanto a su aceptación por parte de los animales en pastoreo, a fin de que la información sobre el rendimiento sea tan confiable, que refleje diferencias reales en productividad. Esta información es muy conveniente sobre todo cuando se trabaja con especies que no han sido previamente evaluadas. Después de cada pastoreo, los residuos se pueden clasificar por parcela, teniendo en cuenta que se presentan a veces diferencias estacionales debidas a la variación en la producción de inflorescencias. Las parcelas se pueden observar al introducir los animales por primera vez, para anotar las preferencias por las diferentes entradas. Una torre de observación podría facilitar esa labor, pero no es indispensable. En experimentos de evaluación de leguminosas, se han observado preferencias por la gramínea asociada incluso cuando se ha utilizado una gramínea común (Jones et al., 1967). En estos casos, la preferencia fue un reflejo de la concentración de nitrógeno en la gramínea asociada.

Persistencia de las especies forrajeras

Un período de evaluación de cinco años es relativamente corto para una especie perenne. Las mediciones que harán más confiables las conclusiones relacionadas con la persistencia de las especies son las de cantidad de semilla de reserva en el suelo (Jones y Bunch, 1977), la de supervivencia de las plántulas que germinan en el terreno, y la de longevidad de plantas marcadas. La invasión de malezas también es un indicio de una reducción en vigor de las especies sembradas o de su dificultad para autopropagarse. Debe tenerse sumo cuidado al seleccionar especies—o combinaciones de

especies—en cuyas parcelas las malezas aumenten con el tiempo, incluso cuando los rendimientos, en promedio, sigan siendo buenos durante el tiempo.

Incidencia de plagas y enfermedades

Las mediciones sobre la incidencia de plagas y enfermedades se deben haber registrado en la etapa II de evaluación; sin embargo, se conocen casos en que la susceptibilidad a alguna enfermedad o plaga ha aparecido después de que las plantas habían sido distribuidas a los ganaderos. Es muy importante, por tanto, observar cualquier signo de daño que se pueda manifestar en las plantas en pastoreo, identificar luego la enfermedad o la plaga, y buscar finalmente, opiniones sobre su posible importancia.

Observaciones generales

La época de toma de muestras en las parcelas es, con frecuencia, de mucho trabajo y es fácil pasar por alto algunas observaciones sobre las plantas cuando se están haciendo mediciones de rendimiento. Recorrer las parcelas entre las épocas de toma de muestras haciendo anotaciones (actualmente las micrograbadoras son muy útiles para este propósito) es muy conveniente y dará al investigador un mejor conocimiento del comportamiento de las diversas especies del experimento. Después de que las plantas han sufrido un estrés determinado como la sequía, la escarcha, el anegamiento, los ataques de insectos, etc., se puede obtener información valiosa para comprender situaciones análogas, o para modificar la información que ya se posee.

Metodologías alternas de evaluación

Las interacciones, sumamente complejas, que se presentan en las praderas pastoreadas son imposibles de simular en condiciones diferentes a las del campo. No hay modo alguno, aparte del pastoreo, de exponer las plantas al conjunto total de variaciones de los factores edáficos y climáticos, al pisoteo, al desraizamiento del pasto, al efecto de los excrementos del animal, y al sinnúmero de plagas y enfermedades que pueden atacar los pastos (Jones y Walker, 1982). Sin embargo, hay numerosas posibilidades de hacer más eficiente el proceso y de evaluar el comportamiento de las especies en distintas localidades e incluso en varios países. Aunque en esta reunión de trabajo se trata específicamente de la evaluación de germoplasma en parcelas pequeñas bajo pastoreo, los resultados iniciales dependerán, en alto grado, de la eficiencia de las etapas I y II, y los resultados finales, de las etapas posteriores de la evaluación que incluyen estudios para medir la producción animal.

Podría argumentarse que después de la etapa II de evaluación, el material promisorio está en condiciones de distribuirse a la industria pecuaria o a la industria productora de semillas de forrajes, y que las agencias gubernamentales deberían retirarse y permitir que las mejores especies encuentren su propia posición en el mercado. El autor considera esta alternativa poco satisfactoria, especialmente en los países en desarrollo donde la promoción de pastos sembrados está apenas comenzando. En esas condiciones, el fracaso de cualquier material no ensayado no sólo ocasionaría problemas, sino que aumentaría la resistencia del productor a adoptar las especies forrajeras mejoradas.

Por otra parte, la presencia del agrónomo en todas las etapas de desarrollo de nuevos cultivares es vital para que haya un intercambio de información en la selección o mejoramiento de germoplasma superior. Dos enfoques más de evaluación del germoplasma de pastos han demostrado su utilidad en la división de Cultivos y Pastos Tropicales de la CSIRO, y podrían ser valiosos en algún otro lugar; son los siguientes:

Siembra en franjas

Esta estrategia ha sido propuesta por Gladstones (1975) para manejar un número grande de líneas donde la semilla es un elemento limitativo. El método fue desarrollado en el laboratorio Davies de CSIRO (R. L. Burt y J. G. McIvor) para evaluar tanto leguminosas como gramíneas en pastoreo, cuando se dispone de poca semilla sexual o de material vegetativo. El método consiste en la siembra de semilla o de material vegetativo en franjas preparadas con un cultivador rotativo o rotocultivador en un sitio de vegetación nativa según las condiciones de fertilidad del suelo. Estas franjas pueden o no fertilizarse y se siembran con un espaciamiento de 2 a 4 m. Se estudia, inicialmente, el establecimiento de las especies en la cama preparada, y después su habilidad para propagarse por medio de semilla, o vegetativamente, hacia las áreas adyacentes libres. Se miden, generalmente, la productividad y la capacidad de diseminación, junto con la persistencia de la siembra original y el nivel de aceptación por los animales en pastoreo. Este método es de gran utilidad para seleccionar accesiones que se destinarán a siembras en gran escala, hechas desde el aire en ecosistemas no perturbados, y podría ser muy útil también en regiones escarpadas donde la labranza total ocasionaría una intensa erosión del suelo y la contaminación de algunas parcelas debida a la semilla acarreada por la lluvia desde otros lugares. El método ha sido considerado práctico en estudios de leguminosas sembradas en suelos deficientes en fósforo¹, en estudios de gramíneas sembradas en un amplio rango de suelos (McIvor et al., 1982), y en estudios de evaluación, en gran escala, en el centro de Queensland.²

Parcelas individualmente cercadas

Mediante este método, cada accesión del germoplasma en evaluación se cerca independientemente y se pastorea intermitentemente por medio de un patrón fijo de pastoreo con uno o más animales.³ Cada parcela se puede considerar como una unidad dentro de un sistema fijo de rotación del pastoreo. La parcela es pastoreada por uno o más animales durante los períodos de ocupación pero en los intervalos entre pastoreos los animales van a pastorear a praderas similares en otro lugar. A diferencia del sistema en que las parcelas son pastoreadas por gran número de animales hasta una altura muy baja, durante pocos días, este otro sistema se asemeja más al de carga definida que se emplea en muchas áreas tropicales y en el cual el residuo vegetal se acumula a lo largo de la estación de crecimiento y se utiliza en la estación seca.

Se pueden ensayar diferentes cargas animales variando simplemente el tamaño de las parcelas; los intervalos entre períodos de pastoreo podrían diseñarse de la misma

1. Burt, R.L. Comunicación personal.

2. Walker, B. Comunicación personal.

3. Información más detallada en Jones, R.M. et al., 1980.

manera. En el ejemplo de Jones et al. (1980) se compararon ocho pasturas con cargas equivalentes a dos o tres novillos por hectárea, y en dos repeticiones. Cada parcela se consideró como un potrero de una rotación de seis potreros, donde cada uno de ellos era pastoreado durante una semana y descansaba cinco semanas; se ensayaron parcelas de 0.083 y 0.056 ha siendo el área total de tan sólo 2.2 ha.

Para que un experimento de este tipo sea realmente efectivo, es importante que se logre un establecimiento uniforme de las parcelas, tarea que requiere un manejo cuidadoso en el año de establecimiento. Una vez que comienza la secuencia de pastoreo, podría ser difícil que una pastura pobremente establecida llegara a recuperarse, especialmente si la especie es poco productora de semilla bajo pastoreo; por esta razón, sería más conveniente pastorear la pradera suavemente durante el primer año para promover la formación de semilla de las especies sembradas.

Este método se ha empleado para evaluar líneas mejoradas de *Macroptilium atropurpureum* en tres localidades diferentes de Queensland, y para evaluar cierto número de líneas de *Urochloa* en asociación con el mismo grupo de leguminosas (McIvor, 1981). Gardener (1975) está aplicando un enfoque similar en el laboratorio Davies (CSIRO) para comparar varias accesiones de *Stylosanthes* con diferentes niveles de fertilización, pero utilizando las dos repeticiones alternativamente, es decir, dos semanas de uso y dos semanas de descanso. Como los novillos de un año de edad permanecen en el experimento durante todo el año, las parcelas son más grandes, o sea, de 0.5 ha. La carga ensayada es de un solo novillo de un año por parcela, lo que permite obtener información preliminar sobre la ganancia de peso.

Conclusión

Hasta donde conoce el autor, nadie ha comparado diferentes métodos para evaluar un número alto de accesiones de especies forrajeras tropicales bajo pastoreo en parcelas pequeñas, ni ha utilizado luego las líneas seleccionadas por medio de esos métodos en experimentos de producción animal. Aun suponiendo que esa comparación se haya llevado a cabo, es poco probable que los resultados hayan sido aceptados por los agrónomos como válidos para todas las situaciones. Careciendo de esta información, es muy difícil afirmar que alguno de los métodos empleados en parcelas pequeñas es superior a los demás. En este trabajo se ha intentado fijar algunos principios básicos y prácticos que podrían aplicarse en estudios de evaluación, y que evitarían se cometiesen errores de juicio o apreciación.

La evaluación de germoplasma en parcelas pequeñas se debe considerar como una etapa más de una secuencia. Siempre habrá necesidad de ese tipo de evaluación mientras se acepte que ésta juega un papel importante en la selección de especies más productivas. Ningún experimento, por sí solo, podrá suministrar toda la información estimada como necesaria para una localidad. Es necesario evaluar, bajo pastoreo, todo nuevo material procedente de las recolecciones de plantas y de los programas nacionales de fitomejoramiento.

Aunque la labor de evaluar especies forrajeras promisorias es, sin duda, compleja, hay, para ejecutarla, principios relativamente bien establecidos. Es posible esperar de

estas pruebas resultados confiables, siempre y cuando las accesiones se sometían a tratamientos representativos, en términos de fertilización y de presiones de pastoreo, en áreas que representen las condiciones del ganadero. Si se cumplen estos requisitos básicos, las accesiones superiores seguramente se seleccionarán por sí solas.

Referencias

- Bryan, W. W.; Shaw, N.H.; Edye, L.A.; Jones, R.J.; 't Mannetje, L.; y Yates, J.J. 1964. The development of pastures. En: Some concepts and methods in subtropical pasture research. Bol. 47. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, England. p. 123-143.
- Campbell, J.B. 1969. Experimental methods of evaluating herbage. Publicación 1315. Can. Dept. Agric.
- Corbett, J.L. y Greenhalgh, J. F.D. 1960. Measurement of the quantities of herbage consumed by grazing animals. En: Chemical aspects of the production and use of grass. Soc. Chem. Ind. (London) Monografía no. 9.
- Gardener, C. J. 1975. Dynamics of *Stylosanthes* under grazing. Aust. CSIRO Div. Trop. Agric. Ann. Rep. 1974-1975. p. 35-36.
- Gladstones, J.S. 1975. Legumes and Australian agriculture; Farrer memorial oration. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 41(4):227-240.
- Jones, R. J. 1965. Species studies and seed production: *Setaria* ecotype trial (at Samford). Austr. CSIRO Div. Trop. Crops and Pastures. Ann. Rep. 1964-1965 p. 40.
- ; Davies, J.G.; y Waite, R.B. 1967. The contribution of some tropical legumes to pasture yields of dry matter and nitrogen at Samford, south-eastern Queensland. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 7:57-65.
- ; Griffiths-Davies, J.; y Waite, R. B. 1969. The competitive and yielding ability of some sub-tropical pasture species sown alone and in mixtures under intermittent grazing at Samford, south-eastern Queensland. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 9:181-191.
- ; y Walker, B. 1982. Strategies for evaluating forage plants. En: Genetic resources of forage plants. Proceedings. International Symposium, Townsville, 1979. (en impresión).
- Jones, R. M. 1979. Effect of stocking rate and grazing frequency on a Siratro (*Macropodium atropurpureum*) / *Setaria anceps* cv. Nandi pasture. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 19:318-324.
- y Bunch, G. A. 1977. Sampling and measuring the legume seed content of pasture soils and cattle faeces. Aust. CSIRO Div. Trop. Crops and Pastures. Trop. Agron. Tech. Memo. no. 7. 9 p.
- ; Jones, R. J.; y Hutton, E. M. 1980. A method for advanced stage evaluation of pasture species: A case study with bred lines of *Macropodium atropurpureum*. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 20:703-709.
- Mannetje, L. 't. (ed.). 1978. Measurement of grassland vegetation and animal production. Bol. 52. CAB, Farnham Royal, England. 260 p.

- McIvor, J.G. 1981. Evaluation of *Urochloa* species under grazing. Aust. CSIRO Div. Trop. Crops and Pastures. Ann. Rep. 1980. p. 108.
- ; Williams, W.T.; Anning, P.; Clem, R.L.; y Finlay, M.C. 1982. The performance of introduced grasses in seasonally dry tropical environments in northern Australia. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. (en impresión).
- McLean, R.W.; Winter, W.H.; Mott, J.J.; y Little, D.A. 1981. The influence of superphosphate on the legume content of the diet selected by cattle grazing *Stylosanthes*-native grass pastures. J. Agric. Sci. (Camb.) 96:247-249.
- Monzote, M.; Funes, F.; y Díaz, L.E. 1979. Comparison of *Panicum maximum* cultivars. II Under grazing conditions. Cuban J. Agric. Sci. 13:93-99.
- Shaw, N.H.; Jones, R.M.; Edye, L.A.; y Bryan, W.W. 1976a. Developing and testing new pastures. En: Shaw, N.H. y Bryan, W.W. (eds.). Tropical pasture research principles and methods. Bol. 51. CAB, Farnham Royal, England. 175-193.
- ; 't Mannelje, L.; Jones, R.M.; y Jones, R.J. 1976b. Pasture measurements. En: Shaw, N.H. y Bryan, W.W. (eds.). Tropical pasture research principles and methods. Bol. 51. CAB, Farnham Royal, England. p. 235-250.
- Williams, W.T. (ed). 1976. Pattern analysis in agricultural science. CSIRO, Melbourne, Australia. 331 p.

Evaluación del germoplasma forrajero bajo diferentes sistemas de manejo del pastoreo

Gerald O. Mott*

Resumen

Se discuten tres etapas en la evaluación del germoplasma forrajero que conducen a la identificación de cultivares promisorios. El proceso comienza con la selección de introducciones y líneas mejoradas, y termina en la etapa de evaluación de la producción animal. Se hace énfasis en el uso del animal en pastoreo para defoliar la colección de accesiones, comenzando en el vivero de introducción, con el fin de obtener información preliminar sobre la aceptación y persistencia de los genotipos. A medida que la evaluación continúa, el número y la complejidad de las variables experimentales aumenta hasta incluir componentes del manejo del pastoreo. Los factores ambientales deben abarcar un rango suficiente, así como los sistemas de manejo de la defoliación, los cuales, probablemente, se encontrarán en condiciones de finca.

La metodología de superficies de respuesta suministra diseños para estimar las condiciones óptimas de manejo cuando se estudian factores múltiples en combinación. Se sugieren diseños centrales compuestos, y sus modificaciones, como alternativa para obtener una información, si no óptima, lo más cercana posible a ese nivel cuando interesa evaluar diversas variables experimentales y variables de respuesta. Se dan, finalmente, algunos ejemplos de diseños de superficies de respuesta para evaluar germoplasma forrajero.

* Profesor de Agronomía, University of Florida, Gainesville, Florida, Estados Unidos.

Introducción

El objetivo de la evaluación del germoplasma forrajero es identificar las mejores líneas con un extenso rango de adaptación al medio ambiente, que se puedan utilizar dentro de un amplio espectro de sistemas de manejo del pastoreo. En el pasado, el énfasis recayó en la selección de las líneas de más alto rendimiento, pero estas selecciones no son necesariamente las más persistentes en condiciones de pastoreo. El ganadero espera que las especies forrajeras empleadas tengan la característica de la persistencia, lo cual requiere que el fitomejorador y el agrónomo deban reevaluar los métodos empleados para seleccionar las líneas de comportamiento superior. El objetivo de este trabajo es sugerir diseños experimentales que puedan suministrar información relacionada con las interacciones entre las plantas forrajeras y el animal en pastoreo. Son objeto de discusión la interfase entre el animal y la planta, y especialmente, el efecto del estrés impuesto por el animal en pastoreo a la supervivencia y a la producción de las plantas.

Etapas de la evaluación

En la etapa inicial del programa de selección se dispondrá, probablemente, de un alto número de accesiones que deberán ser evaluadas. Si las líneas seleccionadas se usarán primordialmente para el pastoreo, el animal debe formar parte del esquema de evaluación lo antes posible. Para las siembras iniciales, tanto de introducciones como de líneas mejoradas, algunos investigadores emplean plantas individuales o surcos sembrados dentro de una configuración física que permita cercar el área experimental para el pastoreo. Durante el primer año después de la siembra se registran las características agronómicas. En el segundo año, las líneas son sometidas a pastoreo para identificar las diferencias de aceptación por el animal y las de respuesta a la defoliación. A fin de facilitar la discusión de los diseños apropiados, la segunda etapa de selección asumirá que la selección inicial redujo el número de accesiones, dentro de cada especie, a 10 ó menos; estas accesiones se siembran en pastoreo. La tercera etapa de evaluación comprende de una a tres líneas superiores seleccionadas, para determinar su respuesta a los componentes del manejo del pastoreo y a otras variables experimentales apropiadas a las pasturas de cada región en particular. En todas las etapas se emplean las mismas variables experimentales y las respuestas se miden únicamente en las plantas; no se hacen mediciones en los animales.

ETAPA 1

Evaluación inicial de introducciones y líneas mejoradas

El investigador podría disponer sólo de unas cuantas introducciones o líneas mejoradas—20 ó menos—o podría obtener cientos de accesiones, según sea su facilidad de acceso a los bancos de germoplasma. En cualquiera de los dos casos, su objetivo primordial es el lanzamiento de un cultivar superior, que será defoliado por el animal en pastoreo, deberá suministrar al animal alimento permanente, y deberá, además, demostrar su persistencia bajo el estrés producido por el animal en pastoreo. La persistencia puede ser el resultado de la longevidad de las plantas originales o de la

regeneración de plantas a partir de semillas, rebrotes, o cualquier otro medio vegetativo de reproducción. Como sólo se dispone de una cantidad limitada de material de propagación durante el proceso inicial de selección, probablemente no se podrán hacer repeticiones de accesiones individuales cuando se esté evaluando germoplasma en pastoreo. Debe hacerse resaltar que, en esta etapa, el objetivo es eliminar una gran proporción de las accesiones inferiores con el propósito de reducir el número de líneas hasta un nivel manejable en las pruebas subsiguientes.

Si se introducen animales en pastoreo en el proceso inicial de selección hay, por lo menos, dos objetivos totalmente opuestos que vale la pena estudiar. El primero es someter inicialmente el germoplasma a una presión baja—o a un período corto—de pastoreo, a fin de permitir un alto nivel de selección donde los animales puedan indicar su preferencia. Los índices de carga y los registros de defoliación han sido considerados, en estos casos, como variables de respuesta, y se han empleado para identificar accesiones que tienen características nutritivas superiores (Burns et al., 1978; Barnes et al., 1970; Simons y Marten, 1971). Esta defoliación puede ser o continua o intermitente durante la estación de pastoreo, para determinar si existe una interacción, respecto a la preferencia del animal, entre el tipo de defoliación y la accesión. Un registro de las preferencias estacionales por accesión podría ser muy útil para identificar mezclas de especies, o la sucesión de ellas, en los sistemas de pastoreo, que mantendrían así un nivel alto de consumo de energía digestible. Esta etapa del esquema de evaluación debería servir para identificar las accesiones de más alta calidad.

La alternativa al uso de una baja presión de pastoreo es un sistema muy intenso que abusa deliberadamente de las accesiones bajo estudio. El objetivo es identificar aquellas accesiones que soportarán el sobrepastoreo y que persistirán bajo dicho tratamiento. Los efectos del pisoteo, de la defoliación, y de los excrementos son extremos. El argumento para favorecer el estudio de esta relación animal-planta es que la mayoría de los ganaderos, en alguna época de la estación de pastoreo, abusarán de su pradera y que la persistencia en condiciones de finca puede ser más importante que el rendimiento y la calidad del alimento.

Cada uno de estos dos sistemas—baja y alta presión de pastoreo—tiene validez si cumple el objetivo para el cual fue diseñado. Entre ambos extremos están todos los demás niveles de defoliación y podría argumentarse que el nivel intermedio sería el más apropiado. De disponerse de los recursos necesarios, se sugiere que se ensayen los dos procedimientos en secuencia, identificando primero las accesiones que son mejor aceptadas por el animal en pastoreo durante el primer año, y continuando con un pastoreo intensivo en el segundo año para determinar aquellas accesiones que soportan niveles intensos de pastoreo. Este procedimiento secuencial serviría para identificar las accesiones de mejor calidad, y las que persistirían en las fincas.

Se supone que sólo se dispondrá de una cantidad limitada de material de propagación para esta etapa inicial, lo que probablemente evitará la aplicación de más de un tratamiento de pastoreo en una sola repetición. El tamaño del área cercada puede variar para acomodar todas las accesiones disponibles. El rango de variabilidad entre accesiones, dentro de la misma área cercada, se puede reducir limitando las accesiones a una sola especie o a unas pocas especies estrechamente relacionadas.

Una unidad experimental conveniente, es decir, una sola área cercada (Figura 1, a) se puede sembrar con plantas individuales o en surcos que representen una sola accesión. Un tamaño conveniente es de 20 m de ancho por 50 m de largo; con dimensiones un poco mayores se pueden incluir más accesiones. Un espaciamiento entre surcos de 1 m es, generalmente, adecuado. Todos los bordes y callejones divisorios se siembran con una especie de gramínea no invasora que se pueda mantener con una segadora. Además, se hace pastoreo común de todas las accesiones dentro de una misma área cercada.

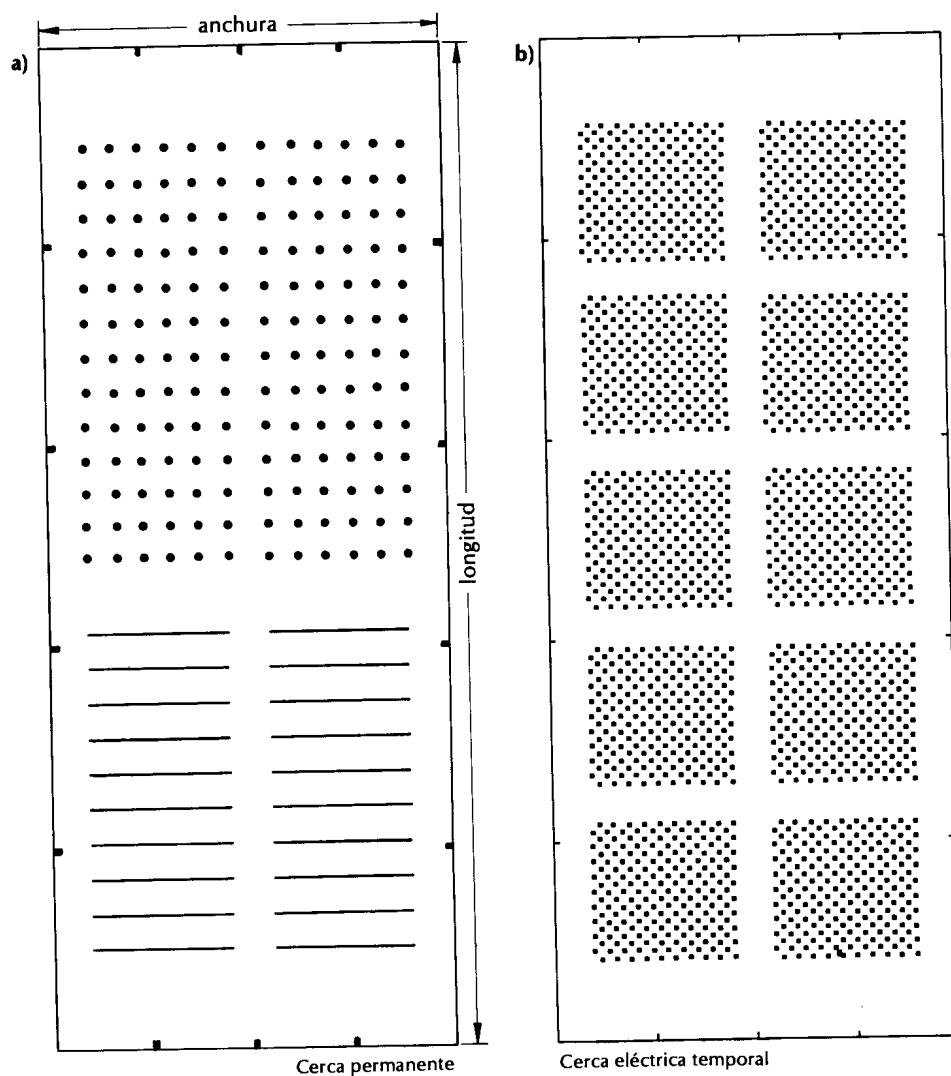


Figura 1. a) Configuración de una unidad experimental para la etapa 1 del esquema de evaluación; b) esa configuración para la etapa 2 del mismo esquema. El tamaño de la unidad experimental puede variar pero uno conveniente es 20 m de ancho por 50 m de largo.

Se hacen mediciones, durante la selección inicial, sobre características morfológicas, localización de los meristemas reproductivos, adaptación a las condiciones edáficas y climáticas, resistencia a enfermedades y plagas, vigor, producción de semilla, y tasa de crecimiento después de la defoliación. Además, se pueden recoger muestras de forraje para su análisis químico, determinando con ellas la digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

ETAPA 2

Respuesta a la frecuencia e intensidad de la defoliación

Después que el número de accesiones ha sido reducido a 10 ó menos, el investigador puede determinar la respuesta de las líneas seleccionadas a diferentes sistemas de pastoreo. Ha sido tradicional que el fitomejorador ensaye sus introducciones y líneas mejoradas en experimentos de diferentes alturas y frecuencias de corte. Algunas comparaciones entre el corte y el pastoreo sugieren que muchas especies de forraje pueden responder de manera muy diferente a estos métodos de defoliación, y que ocurren interacciones entre las accesiones y el manejo de la defoliación. En razón de los costos crecientes y de la falta de recursos adecuados, muchos investigadores consideran actualmente métodos alternos para sustituir el corte al evaluar sus accesiones. Numerosas especies, y mezclas de especies, han sido sometidas a diferentes frecuencias e intensidades de defoliación por el animal en pastoreo, como parte del esquema de evaluación de forrajes. La frecuencia de defoliación ha fluctuado desde pastoreo continuo a períodos de pastoreo de 1 a 4 días, con períodos de descanso de 14 a 56 días o más. La intensidad de la defoliación también ha sido considerada como una variable experimental, y se han determinado diferentes grados de defoliación con base en la medición de la materia seca residual que queda en el potrero al final del período de pastoreo.

Este procedimiento reemplaza la altura de corte en los ensayos de corte, y provee información que refleja mejor la situación de los ganaderos. La época del año en que tiene lugar la defoliación y la duración del período de pastoreo también constituyen variables experimentales de interés.

El diseño de campo para este estudio puede constar de menos de 10 accesiones dentro de un área cerrada (Figura 1, b). El tamaño de la unidad experimental, el ajuste de la carga animal, la duración del período de pastoreo, y el frecuente registro del residuo de forraje después del pastoreo permiten llevar un control satisfactorio del grado de defoliación. La subparcela de cada accesión se siembra de tal manera que se mantenga una cubierta vegetal continua. Sería deseable sembrar las accesiones que se están estudiando asociadas con una o más especies diferentes para crear una mezcla apropiada que simule las condiciones del productor. Es importante considerar la asociación de accesiones de una especie de gramínea con una o más leguminosas, o de varias accesiones de una leguminosa con una o más gramíneas.

Una franja aislante de una especie de gramínea no invasora debe rodear completamente las subparcelas de cada accesión y llegar hasta la cerca. El borde de gramínea impide la diseminación de accesiones agresivas y reduce el efecto de borde alrededor de las unidades experimentales. Esta franja se puede mantener fácilmente, segándola

para que no interfiera con el proceso de pastoreo de las líneas experimentales que se están evaluando.

En las parcelas principales de estos ensayos se emplea un diseño completamente randomizado o de bloques completos al azar para los tratamientos de manejo del pastoreo. Cada área individual cercada se considera una unidad experimental. Deben preverse dos o más repeticiones de cada tratamiento. En casos excepcionales, que rara vez se justifican, podrían utilizarse diseños más complejos. Las accesiones individuales, dentro de los tratamientos de manejo, constituyen las subparcelas del diseño de parcelas divididas.

Las variables de respuesta que interesan son similares a las de la primera etapa e incluyen área foliar, reservas de carbohidratos, localización y vulnerabilidad de los meristemas apicales, macollamiento y características de la calidad del follaje (Harris, 1978). Como el objetivo de esta etapa, en el esquema de evaluación, es suministrar una extensa gama de formas de manejo del pastoreo se consideran también, como respuestas de interés, la persistencia, el rendimiento, la relación hoja:tallo, las tasas de rebrote, el número de macollas vegetativas y reproductivas, y la dinámica de las macollas.

ETAPA 3

Estudios del manejo del pastoreo, y respuesta de las praderas

El manejo del pastoreo y las prácticas de defoliación son determinantes significativos del crecimiento, de la persistencia, y de la composición de las praderas (Harris, 1978). Los investigadores en pastos deben poseer una aguda sensibilidad para detectar el estrés al que el ganadero somete a las nuevas especies o cultivares. Son muchos los sistemas de manejo del pastoreo que puede aplicar el ganadero. Entre las alternativas a disposición de éste, figuran: a) una combinación de pastoreo y conservación del forraje como heno y ensilaje; y b) una combinación de pastoreo continuo y pastoreo rotacional, incluyendo una multitud de variaciones en cuanto a los períodos de pastoreo, los períodos de descanso y las cargas animales. Si el nuevo cultivar se empleará como pasto de corte, es indudable que la evaluación se debe realizar tomando en cuenta tanto la altura, como la frecuencia y la época de corte. Si, por otra parte, el nuevo cultivar estará expuesto a la defoliación por el animal en pastoreo, los resultados experimentales de una extensa gama de opciones del manejo del pastoreo serían fuente de información suficiente para que el ganadero pueda seleccionar el sistema que le suministre la mejor combinación de rendimiento, calidad, y persistencia de la especie forrajera.

La mayor parte de los agrónomos preferirían la evaluación de los nuevos cultivares por su potencial para la producción animal, primero en un ensayo de pastoreo cuidadosamente controlado, y luego mediante una evaluación en el predio como parte del sistema total de alimentación. Sin embargo, muy pocos investigadores disponen de recursos suficientes para aplicar dichos procedimientos de evaluación—que con frecuencia representan un lujo para ellos—viéndose forzados a distribuir nuevos cultivares sin haber podido recopilar toda la información pertinente sobre ellos. Para poder distribuir nuevos cultivares confiablemente, es decir, amparados por su superioridad en persistencia, su rendimiento y su calidad, y probados en una gran diversidad de

condiciones ambientales, de sistemas de defoliación, y de prácticas de manejo, cada investigador debe manejar cuidadosamente sus recursos de investigación. Un requisito primordial en los proyectos de evaluación de forrajes es disponer de animales de pastoreo para apreciar los efectos de la defoliación en las plantas. Todo esto nos lleva a la discusión de los diseños experimentales que serían más eficientes para obtener la información deseada.

Metodología de la superficie de respuesta

Cuatro tipos de diseño suministran información útil para analizar las superficies de respuesta (Balaam, 1975), a saber: factorial completo, factorial fraccionado, central compuesto, y rotatorio. Cada uno se considera, en este trabajo, como perteneciente a una familia de diseños enmarcada por la metodología de superficies de respuesta. La mayor parte de los científicos agrícolas están familiarizados con los experimentos factoriales—completos o fraccionados—diseñados para generar un conjunto de comparaciones independientes a partir de un conjunto de tratamientos seleccionados (Steel y Torrie, 1960). Ha sido tradicional presentar el análisis de los experimentos factoriales como interacciones y efectos principales, y en algunos procedimientos, como comparaciones múltiples. La noción de que los experimentos factoriales podrían analizarse utilizando la metodología de superficie de respuesta por mínimos cuadrados, no es muy conocida. A medida que los investigadores se han ido familiarizando con los métodos disponibles y han tenido acceso a computadores de alta velocidad para desarrollar los modelos apropiados, los zootecnistas y agrónomos se han aventurado un poco más a explorar los diseños que dan estimativos de los niveles óptimos de dos o más factores.

Experimentación inclusiva y secuencial

Desde que Box y Wilson (Box et al., 1978) introdujeron en 1951 los diseños centrales compuestos, los diseños no factoriales de superficie de respuesta han sido utilizados con éxito en el campo de la ingeniería, la industria y la química. En estas áreas, la duración de cada estudio o experimento es relativamente corta, las variables intrínsecas se encuentran bajo control—lo que reduce los errores de experimentación al mínimo—y el material experimental es adaptable al estudio secuencial. En el campo biológico—y especialmente en la experimentación con forrajes y ganado—un estudio puede abarcar varios años; los errores experimentales son relativamente grandes porque muchas de las variables no son controlables, y el material experimental no está bien adaptado al tratamiento secuencial.

Por otra parte, ya se ha adquirido un conocimiento razonable de los rangos de la mayoría de las variables experimentales en los ensayos con especies forrajeras y con ganado. La escala de medida, tanto de las variables experimentales como de las de respuesta, es bien conocida y la necesidad de transformación es mínima. Las características de la experimentación sobre evaluación de forrajes sugieren que es necesario investigar el rango completo de cada variable experimental y no sólo un pequeño segmento de la superficie de respuesta. Como los efectos a largo plazo de los tratamientos son, generalmente, los de mayor interés, las combinaciones de tratamientos se

deberían seleccionar cuidadosamente desde el comienzo. Añadir una nueva combinación de tratamientos (puntos de diseño) significa que se requieren recursos adicionales, lo que en los estudios sobre la interacción forraje-animal incrementa el costo considerablemente.

Elección de las variables experimentales (combinaciones de tratamientos)

Por razones estadísticas, y para facilitar los procedimientos de cómputo, es más conveniente elegir variables experimentales cuyos niveles sucesivos se incrementen en igual medida. Se puede adoptar una codificación simple para que el análisis requiera un mínimo de esfuerzo (ver Steel y Torrie, capítulo 11, 1960). Se argumenta que con el uso del análisis de regresión para ajustar una función de respuesta a un conjunto de variables de respuesta no se requieren incrementos iguales de las variables experimentales; sin embargo, el autor se siente más cómodo con un diseño experimental sistemático que circunscribe los límites de las variables experimentales y provee, además, una buena extensión de esas variables. Box et al. (1978) advierten sobre el peligro de utilizar un conjunto fortuito de puntos de diseño cuando se trata de determinar qué forma de función de respuesta se ha de emplear.

Respecto a las opciones de manejo del pastoreo, hay tres componentes primarios. Estos son: la duración del período de pastoreo, la duración del período de descanso, y la presión de pastoreo. Maraschin (1975) y Serrão (1976) estudiaron una mezcla de pasto bermuda "Coastcross-1" (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) y de *Desmodium* "Greenleaf" (*Desmodium intortum* (Mill.) Urb.) aplicándole un diseño central compuesto, modificado para las tres variables experimentales, a saber: días de pastoreo, días de descanso, y presión de pastoreo (Cuadro 1 y Figura 2). Las variables de respuesta estudiadas en este ensayo fueron:

Producción y rendimiento de especies forrajeras¹

Total de materia seca disponible por ciclo, t MS/ha
Tasa de crecimiento, kg MS/ha por día
Rendimiento neto de materia seca, t MS/ha
Carga animal, t PV/ha por día o animales/ha por día
Materia seca consumida, kg MS/100 kg PV por día

Composición botánica

Porcentaje de gramínea en la mezcla
Porcentaje de *Desmodium* Greenleaf en la mezcla
Porcentaje de maleza
Porcentaje de residuos vegetales

Calidad del forraje

DIVMO de la gramínea
Proteína cruda de la gramínea

¹ MS = materia seca; PV = peso vivo; DIVMO = digestibilidad in vitro de la materia orgánica.

Cuadro 1. Combinaciones de tratamientos y tratamientos adicionales del diseño central compuesto con tres variables experimentales: duración del período de pastoreo, duración del período de descanso, y presión de pastoreo.

	Tratamiento (no.)	Período de pastoreo, X_1 (días)	Período de descanso, X_2 (días)	Presión de pastoreo ^a , X_3 (t/ha)
Puntos factoriales	1	3.5	14	1.0
	2	10.5	14	1.0
	3	3.5	42	1.0
	4	10.5	42	1.0
	5	3.5	14	2.0
	6	10.5	14	2.0
	7	3.5	42	2.0
	8	10.5	42	2.0
Puntos axiales	10	1.0	28	1.5
	11	7.0	56	1.5
	12	7.0	0	1.5
	13	7.0	28	2.5
	14	7.0	28	0.5
Puntos centrales	15	7.0	28	1.5
	16	7.0	28	1.5
	17	7.0	28	1.5
	18	7.0	28	1.5
	19	7.0	28	1.5
Tratamientos adicionales	20	7.0	42	1.5
	21	7.0	14	1.5
	22	7.0	28	1.0
	23	7.0	28	2.0
	24	3.5	28	1.5

a. Presión de pastoreo = toneladas métricas por hectárea de materia seca residual al finalizar el pastoreo.

Las superficies de respuesta que pueden ser generadas en este experimento se ilustran en las Figuras 3 y 4. El efecto combinado tanto de la presión de pastoreo como de los días de descanso sobre la tasa de crecimiento de la pradera se ilustra por medio de la curva (Figura 3) que muestra el índice de crecimiento máximo con intervalos de descanso de 25 días, y una cantidad residual de materia de aproximadamente 1.3 toneladas. Obsérvese que los 13 puntos de diseño cubren satisfactoriamente la zona del punto de máxima respuesta, en contraste con la Figura 4 que ilustra la superficie de respuesta para el porcentaje de *Desmodium* en la mezcla; si lo deseado es un porcentaje alto de *Desmodium*, entonces, aparentemente, los 13 puntos de diseño casi quedan por fuera de la región de interés. El único tratamiento que dio el porcentaje más alto de *Desmodium* fue una parcela con un período de descanso de 56 días. Estos resultados indican que la zona de máxima (o mínima) respuesta puede ser notoriamente diferente

para las distintas variables de respuesta. La dirección en que la respuesta podría encontrarse en el punto máximo también aparece indicada. Los resultados sugieren, asimismo, que la selección de los puntos de diseño debe efectuarse con sumo cuidado para cerciorarse de que la escala de cada variable experimental alcance a cubrir el rango de interés.

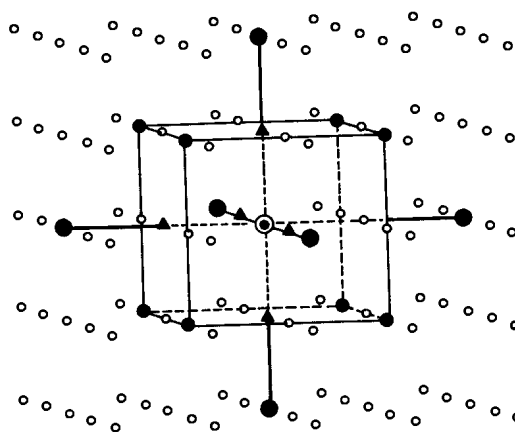


Figura 2. Diseño central compuesto (con puntos de diseño adicionales) para tres variables experimentales, dentro de un retículo factorial 5^3 .

- Puntos factoriales 2^3
- Puntos axiales (2) (3)
- Punto central
- ▲ Puntos adicionales (5)

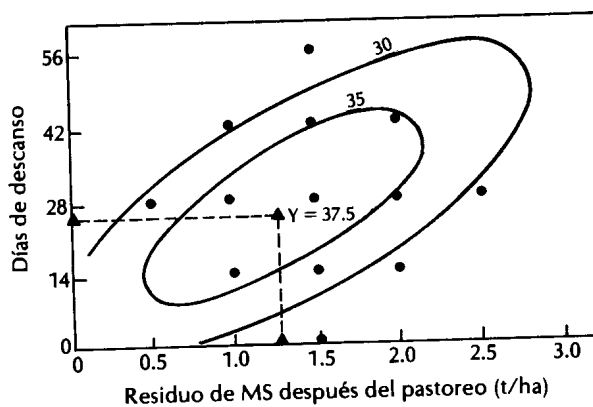


Figura 3. Contornos de una ecuación de segundo grado ajustada para la tasa de crecimiento (kg MS/ha por día), como una función de los días de descanso y de la presión de pastoreo (t/ha de MS residual).

FUENTE: Serrão, E.A.S., 1976.

- Puntos de diseño
- ▲ Punto de máxima respuesta

Modificación del diseño central compuesto

Littell y Mott (1974) sugirieron algunas modificaciones para el diseño y análisis de los experimentos de superficie de respuesta aplicados a la agronomía. La investigación

y los estudios llevados a cabo por estudiantes de posgrado de la Universidad de Florida han dado como resultado la adición de nuevos puntos de diseño al diseño central compuesto. Estas adiciones permiten obtener un cubrimiento más completo de las superficies de respuesta, especialmente en los extremos de las variables experimentales. Los estudiantes hallaron que era muy fácil extrapolar la superficie de respuesta mucho más allá de los límites de la región experimental. Los puntos de diseño adicionales (vértices) han aumentado el alcance del rango experimental sin lesionar la integridad del diseño central compuesto. Aunque los puntos de diseño adicionales incrementan el número total de unidades experimentales, la cantidad total de unidades continúa siendo considerablemente inferior a la del diseño factorial completo (Cuadro 2).

El Cuadro 3 y la Figura 5 muestran un primer ejemplo que comprende dos componentes de manejo del pastoreo: la duración del ciclo de pastoreo, y la presión de pastoreo. Este experimento se adelantaba ya en el verano de 1982 en la Universidad de Florida. Los animales en pastoreo son novillas de 250 a 300 kg. El número de animales se ajusta para defoliar cada potrero hasta la presión de pastoreo proyectada para cada ciclo de pastoreo; dicha presión equivale a una determinada cantidad, medida en kg, de residuos de materia seca foliar que se deben obtener al final de cada período de pastoreo. La defoliación se logra en uno o dos días en cada ciclo de pastoreo.

Las variables de respuesta comprenden la estimación de disponibilidad de materia seca de hojas y tallos por hectárea antes y después del pastoreo, la producción de macollas, la posición y el desarrollo de meristemas apicales, las reservas de carbohidratos, el contenido de proteína, y la DIVMO del tejido foliar y del tallo antes y después del pastoreo. Cada una de estas respuestas se analizará utilizando la metodología de superficie de respuesta junto con las funciones lineales o curvas apropiadas.

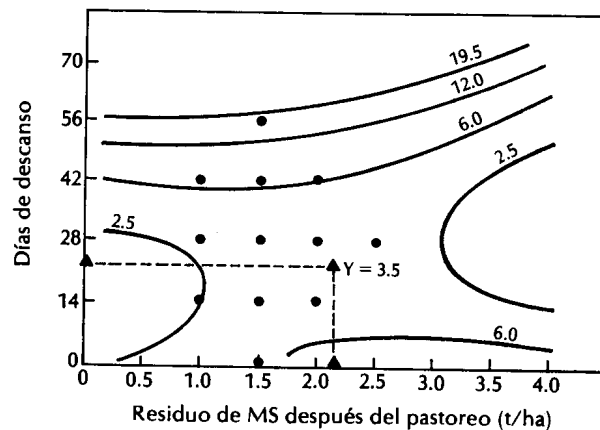


Figura 4. Contornos de una ecuación de segundo grado ajustada para el porcentaje de **Desmodium** en el contenido total de fitomasa aérea, como una función de los días de descanso y de la presión de pastoreo (t/ha de MS residual). FUENTE: Serrão, E.A.S., 1976.

● Puntos de diseño ▲ Respuesta en un punto estacionario

Cuadro 2. Número de puntos de diseño en un diseño central compuesto, en uno central compuesto modificado, y en uno factorial completo, con base en cinco niveles de cada variable experimental.

Variables experimentales (no.)	Puntos de diseño (no.)		
	Central compuesto	Central compuesto modificado	Factorial completo
2	9	13	25
3	15	23	125
4	25	41	625

Cuadro 3. Combinaciones de tratamientos en un estudio del pasto elefante enano, con dos variables experimentales—días de descanso (X_1) y presión de pastoreo (X_2)—13 puntos de diseño, dos repeticiones, y 25 unidades experimentales.^a

No. de orden	Variables experimentales		Ciclo de rotación (días)	Presión de pastoreo ^b (kg/ha de MSF, residuo)	Reps.	Unidad experimental (m ²)
	codificadas					
	X_1	X_2				
1	1	1	42	1400	2	1000
2	1	-1	42	600	2	1000
3	-1	1	14	1400	2	1000
4	-1	-1	14	600	2	1000
5	2	2	56	1800	2	500
6	2	-2	56	200	2	3500
7	-2	2	0	1800	2	1000
8	-2	-2	0	200	2	1000
9	2	0	56	1000	2	1000
10	-2	0	0	1000	2	1000
11	0	2	28	1800	2	1000
12	0	-2	28	200	2	500
13	0	0	28	1000	2	1000

a. Jonas B. da Veiga y Luis R. Rodríguez, estudiantes de posgrado de Brasil, adelantan actualmente este estudio.

b. MSF = materia seca foliar.

El segundo ejemplo es un experimento de tres factores en que los días de pastoreo, los días de descanso, y la presión de pastoreo son las variables experimentales (Cuadro 4 y Figura 6). Este experimento es similar al de los dos componentes que acabamos de discutir a excepción del número de días de pastoreo, que constituyen la nueva variable experimental en el diseño. Al agregar combinaciones de tratamientos en los vértices del diseño (factorial 2^3 a niveles ± 2), los puntos de diseño aumentaron en 8, para un total de 23. Si se tienen en cuenta las repeticiones en ciertos puntos de diseño, el total de unidades experimentales llega a 59.

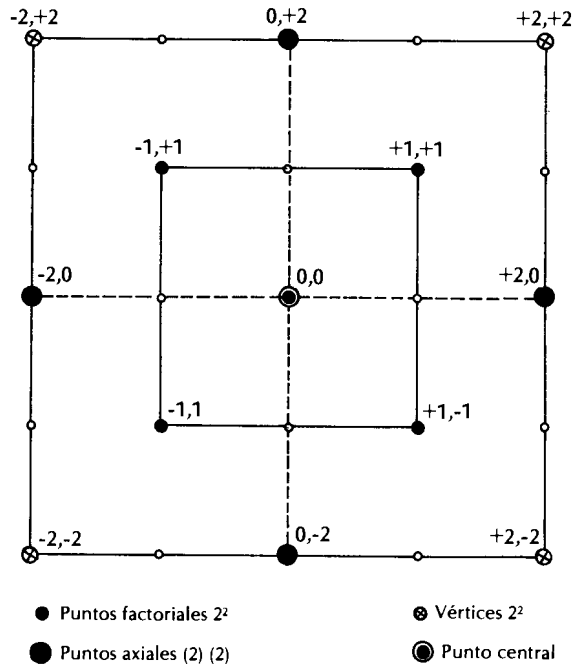


Figura 5. Diseño central compuesto para dos variables experimentales, junto con vértices adicionales, para un total de 13 puntos de diseño dispuestos en un retículo factorial de 5^2 .

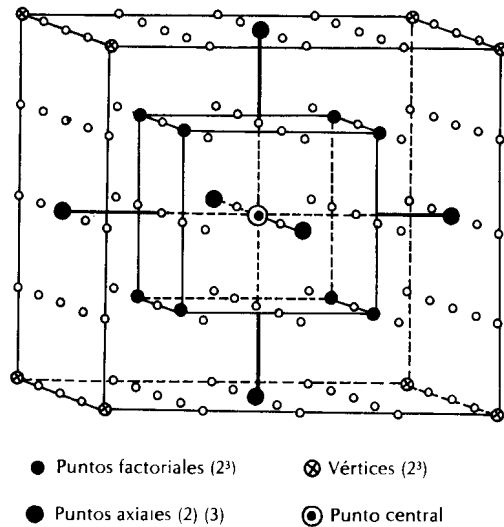


Figura 6. Diseño central compuesto para tres variables experimentales, junto con vértices adicionales, para un total de 23 puntos de diseño dispuestos en un retículo factorial de 5^3 .

Las variables de respuesta consideradas son la estimación de forraje disponible al comienzo del período de pastoreo, y la materia seca residual al final de dicho período. Se estimó la composición botánica de la mezcla en cada tratamiento a lo largo de los

Cuadro 4. Combinaciones de tratamientos en un estudio con una asociación de una leguminosa y una gramínea tropicales, en Pichilingüe, Ecuador, 1979-1980.^a

No. de orden	Variables experimentales codificadas			Tratamientos			Tamaño estimado de la unidad experimental (m ²)
	X ₁	X ₂	X ₃	Días de pastoreo (X ₁)	Días de descanso (X ₂)	Presión de pastoreo (X ₃)	
	1	-1	-1	-1	7	14	
2	1	-1	-1	21	14	3.3	1500
3	-1	1	-1	7	42	3.3	500
4	1	1	-1	21	42	3.3	1000
5	-1	-1	1	7	14	6.6	1500
6	1	-1	1	21	14	6.6	3000
7	-1	1	1	7	42	6.6	1000
8	1	1	1	21	42	6.6	1500
9	-2	-2	-2	1	0	1.6	3000
10	2	-2	-2	28	0	1.6	3000
11	-2	2	-2	1	56	1.6	500
12	2	2	-2	28	56	1.6	1000
13	-2	-2	2	1	0	8.3	6000
14	2	-2	2	28	0	8.3	6000
15	-2	2	2	1	56	8.3	500
16	2	2	2	28	56	8.3	2000
17	-2	0	0	1	28	5.0	500
18	2	0	0	28	28	5.0	2000
19	0	-2	0	14	0	5.0	4000
20	0	2	0	14	56	5.0	1000
21	0	0	-2	14	28	1.6	1000
22	0	0	2	14	28	8.3	1500
23	0	0	0	14	28	5.0	1000

a. Los datos de campo fueron obtenidos por Raúl Santillán en Ecuador, quien actualmente es un estudiante de posgrado en la Universidad de Florida. Se estudiaron tres variables experimentales—días de pastoreo (X₁), días de descanso (X₂), y presión de pastoreo (X₃)—23 puntos de diseño, un número variable de repeticiones, y 59 unidades experimentales.

dos años de duración del experimento. Se establecieron también las características de calidad de las especies forrajeras.

Discusión

Al evaluar el germoplasma forrajero, el investigador encuentra una multitud de factores que condicionan el éxito o el fracaso de un grupo de accesiones. Su habilidad para seleccionar los factores de mayor importancia—en cuanto se refieren al medio ambiente y al manejo a que el nuevo cultivar estará sometido—determinará la supervivencia de dicho cultivar en las condiciones del ganadero. Como no existen dos predios o dos ganaderos iguales, es indispensable seleccionar el germoplasma forrajero teniendo en cuenta una combinación de circunstancias tan variada como sea posible, con el propósito de suministrar abundante información sobre las condiciones

óptimas de manejo. Los tres pasos en el esquema de evaluación que se acaban de discutir representan, en realidad, un espectro continuo que destaca los diseños simples en las primeras fases y continúa con diseños más complejos para determinar los sistemas de manejo óptimo en cuanto a persistencia y rendimiento de las especies forrajeras.

Cuando se deben estudiar los componentes de manejo del pastoreo, las unidades experimentales deben ser suficientemente grandes para acomodar, por lo menos, dos animales en pastoreo durante el número de días planeados con anticipación. El investigador, probablemente, tendrá que contentarse con obtener un estimativo del nivel óptimo, empleando diseños con un número menor de puntos de diseño que los factoriales completos. Se recomienda, finalmente, a los investigadores en el área de pastos estudiar esta familia de diseños.

Referencias

- Balaam, L.N. 1975. Response surface designs. En: Bofinger, V.J. y Wheeler, J.L. (eds.). Developments in field experiment design and analysis. Bull. 50, Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. pp. 11-32.
- Barnes, R.F.; Nyquist, W.E.; y Pickett, R. C. 1970. Variation in acceptability and covariation with agronomic characteristics in *Phalaris arundinacea* L. En: Proceedings International Grassland Congress, 11o., Australia. p. 502-506.
- Box, G.E.P. y Wilson, K.B. 1951. On the experimental attainment of optimal conditions. J. Roy. Stat. Soc. Ser. B 13:1-45.
- ; Hunter, W. G.; y Hunter, J. S. 1978. Statistics for experiments. John Wiley & Sons, New York., N.Y. 653 p.
- Burns, J. C.; Timothy, D. H.; Mochrie, R.D.; Chamblee, D.S.; y Nelson, L. A. 1978. Animal preference, nutritive attributes and yield of *Pennisetum flaccidum* and *P. orientale*. Agron. J. 70:451-456.
- Harris, W. 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. En: Wilson, J. R. (ed.) Symposium on plant relations in pastures, Brisbane, Australia, 1976.
- Littell, R. C. y Mott, G. O. 1974. Computer assisted design and analysis of response surface experiments in agronomy. Proc. Soil and Crop. Sci. Soc. (Florida) 34:94-97.
- Maraschin, G.E. 1975. Response of a complex tropical pasture mixture to different grazing management systems. Graduate Council of the University of Florida. Dissertation.
- Serrão, E. A. S. 1976. The use of a response surface design in the agronomic evaluation of a grass-legume mixture under grazing. Graduate Council of the University of Florida. 232 p. Dissertation.
- Simons, A. B. y Marten, G. C. 1971. Relationship of indole alkaloids to palatability of *Phalaris arundinacea* L. Agron. J. 63:915-919.
- Steele, R.J.D. y Torrie, J.H. 1960. Principles and procedures of statistics. En: Steele, R.J.D. y Torrie, J.H. 1960. Analysis of variance; III Factorial experiments. McGraw-Hill, New York, N.Y. p. 194-231.

Recomendaciones para evaluar germoplasma bajo pastoreo en pequeños potreros

O. Paladines*

C. Lascano**

* Profesor, Universidad Católica de Chile, Chile.

** Nutricionista de Animales, Programa de Pastos Tropicales, CIAT, Cali, Colombia.

Introducción

La discusión que sigue y las recomendaciones metodológicas que contiene son el resultado tanto de los trabajos presentados en esta reunión como del intercambio de experiencias y conceptos logrado en las sesiones de trabajo.

Esta contribución comprende cuatro partes. En la primera se discuten los objetivos de la evaluación del germoplasma bajo pastoreo; en la segunda se analizan, en forma resumida, algunos factores que intervienen en la evaluación del germoplasma bajo pastoreo; en la tercera se discuten aspectos fundamentales del manejo del pastoreo en pequeños potreros; por último, en la cuarta se dan algunas recomendaciones metodológicas para seleccionar y evaluar el germoplasma sometido a pastoreo en pequeños potreros.

Objetivos de la evaluación del germoplasma bajo pastoreo

El objetivo de evaluar germoplasma forrajero sometido al pisoteo y a la defoliación causados por el animal es—expresado en términos sencillos—seleccionar plantas forrajeras con características superiores a las del germoplasma actualmente disponible. Este objetivo, simple a primera vista, se hace más complejo cuando incluimos el concepto de que las características superiores del germoplasma deben, a su vez, relacionarse con algún objetivo específico, que puede ser diferente en cada región o localidad. A nivel regional, el germoplasma se seleccionaría por su adaptación a las condiciones del medio ambiente (clima, suelos y resistencia a plagas y enfermedades), y con base en su utilidad como forraje para el ganado (valor nutritivo). A nivel local, habría objetivos de selección más específicos, ya que se buscaría un germoplasma forrajero que, además de su adaptación al medio y de su valor nutritivo, se acople también a los sistemas de producción en los cuales deberá emplearse. Esta actitud tendrá implicaciones en la metodología de evaluación que ha de aplicarse, tal como lo discuten J.M. Toledo (ver pág. 7) y A. Gardner (ver pág. 108).

Los programas de selección de germoplasma forrajero han empleado, tradicionalmente, las evaluaciones con corte. Es indudable que este tipo de evaluación juega un papel muy importante, porque permite establecer el grado de adaptación del germoplasma al medio ambiente y su potencial de producción. Sin embargo, cada vez se acepta más, sobre todo en asociaciones gramíneas-leguminosas, la existencia de un efecto selectivo del animal en pastoreo, que no puede reproducirse enteramente con corte. Se sugiere, por tanto, incorporar el animal a las primeras etapas de evaluación del germoplasma forrajero cuyo destino será el pastoreo.

Factores de la evaluación de germoplasma bajo pastoreo

Se han identificado factores relacionados con el clima (temperatura, radiación solar, precipitación pluvial) y con el suelo (acumulación de agua y de nutrientes, toxicidades) que afectan la adaptación y producción de germoplasma forrajero; estos factores fueron discutidos en el trabajo presentado por R.J. Jones (págs. 12-22). Por otro lado, existen factores bióticos (pastoreo, corte, fuego, plagas y enfermedades) que

también influyen, en muy alto grado, en la adaptación del germoplasma a un ecosistema determinado. Humphreys (1981) hace una discusión general sobre el efecto de tales factores bióticos en las plantas tropicales.

Admitiendo que el germoplasma forrajero que se evalúa bajo la acción del animal está adaptado a las condiciones ambientales del lugar de la prueba, aquí sólo se discuten los factores de la planta que, directa o indirectamente, se relacionan con la compatibilidad y la persistencia, bajo pastoreo, de gramíneas y leguminosas en asociación. Además, se discute el manejo del pastoreo en relación con la evaluación del germoplasma forrajero.

Factores de la planta

La formación de mezclas de gramíneas y leguminosas debe fundarse en el grado de compatibilidad que exista entre las plantas en la asociación. El hábito de crecimiento de las plantas y la competencia que se establezca entre ellas por agua, nutrimentos, y luz, determinan esa compatibilidad. Por otro lado, la compatibilidad entre gramíneas y leguminosas puede ser modificada por la acción selectiva del animal que, a su vez, está afectada por el grado en que las plantas son aceptables al animal y por el hábito de crecimiento de las especies de la mezcla. Estos dos factores interactúan con el manejo del pastoreo, modificando así el balance de los componentes de la mezcla a través del tiempo.

Grado de aceptación de las plantas. Se ha comprobado que los animales seleccionan diferentes plantas, preferencia que varía según la época del año y según algunas características morfológicas y químicas de la planta.

Se ha establecido un patrón de selectividad durante el año, en que se incrementa el consumo de la leguminosa en época seca y el de las gramíneas en la época de lluvias; este patrón interactúa con el sistema o intensidad de pastoreo, tal como se discute más adelante. Este hecho subraya la importancia de pastorear las asociaciones de gramíneas y leguminosas bajo intensidades contrastantes, tanto en época de lluvias como en época seca.

Hay algunas características químicas de las plantas que se relacionan directa o indirectamente con la selección que hace el animal en pastoreo. Se ha observado, con frecuencia, que el bolo alimenticio contiene más proteína y es más digerible que el forraje disponible. El animal selecciona, por tanto, aquellas plantas y partes de la planta, de más alto contenido de proteína y de mayor digestibilidad. De otro lado, se sabe que sustancias tales como taninos y alcaloides, presentes en los forrajes, afectan su aceptabilidad y su valor nutritivo. En algunas leguminosas tropicales los taninos se encuentran en niveles tan altos que pueden influir negativamente en el consumo de aquéllas; ese nivel, además, se ha asociado en las leguminosas con niveles bajos de fertilidad en el suelo, de manera que puede esperarse una interacción entre la aceptación de las leguminosas y los tratamientos de fertilización que se apliquen. El grado de aceptación por el animal de las especies forrajeras tiene gran importancia en el diseño de ensayos en pequeñas parcelas—como se discute más adelante—y deberá determinarse en ensayos previos.

Hábito de crecimiento de las plantas. El hábito de crecimiento de las especies de gramíneas y leguminosas que forman una asociación contribuye a determinar tanto la selección que el animal hace en la mezcla como, a consecuencia de lo anterior, la persistencia de esas especies. En asociaciones de gramíneas erectas con leguminosas de hábito erecto, el animal puede seleccionar más fácilmente el componente de mayor aceptación. Por el contrario, en mezclas de gramíneas erectas o decumbentes con leguminosas de hábito trepador, la selección del animal en contra de uno de esos componentes se dificulta. Estos efectos, no reproducibles en sistemas de corte, podrían ser modificados por la intensidad de pastoreo que se emplee teniendo en cuenta que un pastoreo intenso reduce las posibilidades de selección.

Manejo del pastoreo en la evaluación del germoplasma

Se reconocen tres factores principales en el manejo del pastoreo:

- La intensidad con que se pastorea.
- El período de ocupación o tiempo de permanencia de los animales en el potrero.
- El período de descanso o intervalo entre pastoreos.

Intensidad de pastoreo. Esta se puede definir en términos de carga animal o de presión de pastoreo. Por *carga animal* se entiende el número de animales o peso vivo total de animales que pastorean una determinada área y en un determinado momento, independientemente de la cantidad de forraje disponible. La carga animal, por tanto, relaciona tres factores: animales, superficie y tiempo. La medida animal se expresa, generalmente, como “cabezas”, “novillos”, o Unidades Animales (UA), siendo ésta la mejor forma de expresión ya que permite unificar diferentes categorías animales empleadas en uno o diferentes experimentos. Lamentablemente, no hay un criterio único acerca de la UA y cada investigador debe definirla en su experimento. El otro factor de la carga animal es el área, y puede expresarse en hectáreas, acres, manzanas, etc. Finalmente, el tiempo que corresponde al período de ocupación o pastoreo se expresa en horas, días, meses, etc.

La *presión de pastoreo* relaciona la cantidad de forraje disponible en una pradera con el peso vivo de los animales en pastoreo. La forma más sencilla de considerar estas variables es relacionando los kg de materia seca—o de materia verde en base seca—disponibles por cada 100 kg de peso vivo, por día. Al definirse una presión de pastoreo, la carga animal fluctúa en el tiempo, sucediendo lo contrario cuando se fija la carga.

Cuando se trata de evaluar el germoplasma forrajero, la presión de pastoreo es, conceptualmente, más lógica que la carga animal, ya que al emplear la primera, el número de animales (o peso vivo) que deben pastorear un área se determina según el forraje disponible, que a su vez es una función inherente del germoplasma, de la época del año, y del manejo del pastoreo. Sin embargo, se reconoce que implementar la presión de pastoreo supone, en la práctica, muchas mediciones no siempre factibles por limitación de recursos.

Una de las características fundamentales que se espera hallar en el germoplasma forrajero es su capacidad de persistir bajo pastoreo en forma productiva durante cierto tiempo. Esta capacidad de supervivencia se relaciona, en parte, con algunas características de las plantas y con la intensidad del pastoreo que se emplee. Dado que la intensidad del pastoreo no tiene un efecto uniforme sobre cualquier clase de germoplasma forrajero, es conveniente evaluar el germoplasma bajo intensidades contrastantes para determinar así su capacidad innata de sobrevivir en un rango amplio de manejo.

Como se indicó anteriormente, la intensidad de pastoreo influye en la selección que los animales hacen de los componentes de una asociación de gramíneas y leguminosas. En general, el animal prefiere consumir gramíneas durante la época de lluvias y puede provocarse así una dominancia de las leguminosas, sobre todo con intensidades altas de pastoreo y cuando las leguminosas son muy agresivas y poco apetecibles por el animal. Con intensidades bajas de pastoreo, en cambio, la gramínea puede dominar en la asociación y reducir la leguminosa debido a la excesiva competencia que se establece entre ambas por luz y nutrimentos. En la época seca, una alta intensidad de pastoreo puede ocasionar la desaparición de ciertas leguminosas y el deterioro general de la pradera, sobre todo si el pastoreo en la época lluviosa anterior se hizo con intensidad alta.

Período de ocupación y período de descanso. Las combinaciones de días de ocupación y de descanso de un potrero conforman todos los sistemas de pastoreo que van desde ningún descanso (pastoreo continuo) hasta los sistemas de rotación con períodos variables de ocupación y descanso.

Los períodos de ocupación y de descanso que se establezcan en un sistema de pastoreo son de innegable importancia particularmente en la evaluación de asociaciones de gramíneas con leguminosas, porque pueden ejercer gran influencia en la persistencia y en el balance de los componentes de la mezcla durante el tiempo. Nuevamente, dado que los animales, por lo regular, prefieren la gramínea más que la leguminosa en la época de lluvias, un sistema de pastoreo continuo puede favorecer la leguminosa; ahora bien, si ésta es de crecimiento muy agresivo y de poca aceptabilidad en relación con la gramínea acompañante, puede dominar la mezcla. En estos casos, algún sistema de rotación de potreros favorecerá la gramínea y, por ende, será el tipo de manejo adecuado para mantener el balance de las especies en la mezcla.

Con el fin de que en un sistema de rotación se puedan definir los períodos de ocupación y descanso más adecuados para la persistencia de las especies forrajeras bajo pastoreo, es necesario tener presentes algunas interacciones que pueden ocurrir entre manejo del pastoreo y respuesta del germoplasma en evaluación.

El *período de ocupación* de un potrero interactúa con la intensidad de pastoreo (carga o presión) para definir el grado de la utilización del forraje “en oferta” tanto respecto a las especies en asociación como a las partes de la planta. Con una intensidad y un período de ocupación que permitan la selección, los animales tienden a consumir inicialmente hojas y tallos tiernos, y al final consumirán tallos lignificados y material muerto. En asociaciones de gramíneas con leguminosas, la selectividad hacia la

leguminosa aumenta, generalmente, con los días de ocupación del potrero, lo que está asociado con una menor disponibilidad de materia seca verde de la gramínea acompañante. El período de ocupación y la intensidad de pastoreo influyen también sobre la cantidad de forraje residual después de cada pastoreo, lo cual, a su vez, afecta en la planta la cantidad de tejido fotosintético y las reservas de carbohidratos; éstas y aquellos dos factores, junto con la reserva de semillas en el suelo, modifican la persistencia de la pastura.

El *período de descanso*, es decir, el otro componente de una rotación, interactúa con el período de ocupación, con la intensidad de pastoreo, y con la época del año, para determinar, en gran medida, el grado de acumulación —y la calidad— de la fitomasa disponible para el animal en pastoreo. El período de descanso puede ejercer, además, un efecto en la composición botánica de las asociaciones gramínea-leguminosas. Períodos de descanso muy prolongados pueden resultar en crecimiento excesivo de las gramíneas erectas, principalmente, efecto que se traduce en un sombreado perjudicial, en ocasiones, para la persistencia de algunas leguminosas. La tasa de crecimiento y maduración de las especies asociadas deben ser los criterios para establecer los períodos de descanso de asociaciones de gramíneas y leguminosas, en rotación.

Manejo del pastoreo en pequeños potreros

Cuando se planean experimentos para seleccionar y evaluar germoplasma en pequeños potreros, es importante considerar algunos aspectos del pastoreo inherentes a este tipo de pruebas, así como ilustrar de qué modo estos factores del manejo pueden ser manipulados por el investigador.

Aspectos inherentes a pruebas en pequeños potreros

Al diseñar un sistema de evaluación en pequeños potreros bajo pastoreo, el investigador deberá escoger, con frecuencia, un sistema de pastoreo simulado. Por sistema simulado se entiende un experimento que tenga solamente una parte, en pequeña escala, de un sistema de pastoreo; en la simulación, el pequeño potrero experimental es uno de los potreros de un sistema de rotación, y no existen los restantes potreros de ese sistema. Los animales permanecen fuera del experimento durante el período de descanso del potrero, razón por la cual es difícil simular un sistema de pastoreo continuo en pequeñas parcelas; si se pensara en hacerlo, sería necesario modificar proporcionalmente las dimensiones del potrero para que sea pastoreado permanentemente.

Se han propuesto, sin embargo, dos opciones que simulan el pastoreo continuo:

- Pastorear el potrero frecuentemente, p. ej., con intervalos de una o dos semanas.
- Incluir el germoplasma que se evaluará en pequeñas parcelas, en un mismo potrero de tamaño suficiente que permita el pastoreo continuo.

En este último caso, todos los tratamientos de germoplasma quedan incluidos en un mismo potrero de tamaño grande. Ninguno de estos métodos ha sido probado debidamente y, por tanto, su validez no ha sido demostrada.

El investigador debe tener en cuenta que, según las variables del manejo del pastoreo, los diseños de evaluación de germoplasma forrajero en pequeños potreros adquieren tales dimensiones que resulta difícil financiarlos, establecerlos y manejarlos.

Por ejemplo, un diseño con tres intensidades de pastoreo, tres períodos de ocupación, y tres períodos de descanso en que haya tres repeticiones, requiere 81 potreros experimentales por tratamiento de germoplasma (3 x 3 x 3 x 3). Si cada potrero tiene 500 m² de superficie, el experimento ocupará 4.05 ha útiles, necesitará 5 km de cercas y 42 bebederos, y tendrá una alta demanda de mano de obra para los muestreos. Para simplificar, en alguna medida, la magnitud de los ensayos de pastoreo en pequeñas parcelas, se ha propuesto el empleo de diseños no factoriales de superficie de respuesta pertenecientes a la familia de diseños centrales compuestos (ver. G.O. Mott, págs. 155-162).

Cuando un mismo potrero contiene parcelas con germoplasma diferente desde el punto de vista de su aceptabilidad por el animal, se corre el riesgo de que los animales prefieran algunas entradas más que otras, llegándose al extremo de crear sobrepastoreo en unas parcelas y subpastoreo en otras. Este riesgo—muy frecuente en la evaluación del germoplasma tropical—parece inevitable en un sistema de pastoreo común en el cual, para reflejar una situación de pastoreo normal, se establezcan períodos de permanencia de varios días en el potrero.

Se evita la selección diferencial cuando se elimina como variable experimental el tiempo de permanencia en el potrero y se usa el sistema de pastoreo rápido e intenso, con el fin de reducir al máximo la selección que pueda hacer el animal. Este método, sin embargo, es criticado por muchos investigadores quienes lo consideran equivalente a usar una cortadora.

Manipuleo de los factores de manejo del pastoreo en pequeños potreros

Como se mencionó anteriormente, los efectos del pastoreo sobre el germoplasma forrajero pueden evaluarse mediante el uso de intensidades y frecuencias de defoliación contrastantes. Las intensidades de pastoreo pueden aplicarse bien sea bajo el concepto de presión o bajo el de carga animal, conceptos que se ilustran a continuación por medio de ecuaciones y ejemplos.

Si se emplea el concepto de presión para generar intensidades contrastantes, debe tenerse en cuenta que en las praderas tropicales una presión de pastoreo es alta cuando la disponibilidad de materia verde en base seca —kg de (gramínea + leguminosa)/100 kg PV por día— es de 3 kg MVS/ día, o menos; y una presión es baja cuando esa disponibilidad es de 6 kg MVS/100 kg de PV por día, o más.

Para calcular el peso vivo total de los animales que deberán pastorear un potrero, según la presión de pastoreo escogida, se aplica la siguiente ecuación:

$$PV_t = \frac{MVS \times A \times 100}{D \times PP} \quad (1)$$

donde:

PV_t = Peso vivo total de los animales que se colocan en el potrero, en kg/potrero.

- MVS = Materia verde en base seca (hojas + tallos) disponible de la mezcla
= (gramínea + leguminosa), en kg/ha.
- A = Tamaño del potrero, expresado en ha.
- D = Número de días de permanencia de los animales en el potrero.
- PP = Presión de pastoreo, definida como kg MVS/100 kg PV por día.

La aplicación de la fórmula (1) se ilustra con el siguiente ejemplo:

- Forraje verde en base seca disponible al iniciar el pastoreo: 3000 kg/ha
- Tamaño del potrero: 0.05 ha
- Presión de pastoreo elegida: 2.5 kg MVS/100 kg PV por día.
- Período de ocupación del potrero: 4 días.

Con la información anterior, el investigador desea saber qué peso vivo de animales debe pastorear el potrero experimental. Aplicando la ecuación (1) el valor de PV_t será:

$$PV_t = \frac{3000 \times 0.05 \times 100}{4 \times 2.5} = 1500 \text{ kg}$$

Por consiguiente, en este ejemplo el investigador deberá colocar 1500 kg de PV total por potrero, durante cuatro días, para obtener una presión de pastoreo de 2.5 kg MVS/100 kg PV por día. Si el promedio de peso de los animales disponibles es de 250 kg, entonces deberán utilizarse 6 animales (= 1500 kg PV ÷ 250 kg PV) por potrero.

La ecuación (1) es aplicable a situaciones en que, por ser pocos los días de ocupación, es mínimo el rebrote. Si son muchos los días de ocupación en el experimento, el rebrote puede afectar el forraje diario disponible, y aquél deberá incluirse en la ecuación del PV_t , así:

$$PV_t = \frac{[MVS + (RMVS \times D)] \times A \times 100}{D \times PP} \quad (2)$$

donde: RMVS = rebrote de materia verde en base seca, por hectárea y por día.

Si el investigador decide aplicar los tratamientos de intensidad de pastoreo utilizando carga animal deberá emplear, entonces, la siguiente ecuación general:

$$CA = \frac{\sum_{i=1}^n (UA \times D)_i}{(NP) (A) (DPE)} \quad (3)$$

donde: $\sum_{i=1}^n (UA \times D)_i$ = Sumatoria del producto de las unidades animales que pastorean un potrero —en el sistema de

rotación empleado— por los días de ocupación del potrero, donde i representa cada uno de los pastoreos o ciclos de rotación.

- NP = Número de pastoreos o ciclos de rotación.
 A = Tamaño del potrero, en hectáreas.
 DPE = Días del período de evaluación y de los ciclos de rotación, o sea, (ocupación + descanso) x número de pastoreos.

La ecuación (3) puede simplificarse eliminando la sumatoria $\sum_{i=1}^n (UA \times D)_i$ y el número de pastoreos (NP) cuando las unidades animales que pastorean un potrero son constantes en cada ciclo de rotación y donde los días de ocupación y de descanso también son constantes en cada ciclo. La ecuación (3) simplificada se convierte en:

$$CA = \frac{(UA) (D)}{(A) (DPE)} \quad (4)$$

En la ecuación (4) podemos despejar UA, es decir, las unidades animales que deben pastorear un potrero para obtener una carga equivalente deseada por hectárea, así:

$$UA = \frac{(CA) (A) (DPE)}{(D)} \quad (5)$$

El empleo de la ecuación (5) se ilustra con los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1. Se quiere evaluar el efecto del pastoreo en una asociación aplicando dos cargas equivalentes, por hectárea, de 2 y 3 UA. Hay tres repeticiones (potreros) de 0.05 ha para cada tratamiento de carga, y se aplicará en forma constante un pastoreo con un período de ocupación de 4 días y un período de descanso de 28 días. Se desea saber cuántas UA deben colocarse en cada uno de los tratamientos de carga para obtener cargas equivalentes de 2 y 3 UA/ha, cumplido el ciclo de rotación (ocupación + descanso).

Aplicando la ecuación (5), obtenemos:

Carga equivalente de 2 UA/ha:

$$UA = \frac{(2) (0.05) (28 + 4)}{4} = 0.8$$

Carga equivalente de 3 UA/ha:

$$UA = \frac{(3) (0.05) (28 + 4)}{4} = 1.2$$

El investigador deberá utilizar 0.8 UA (320 kg PV) y 1.2 UA (480 kg PV) para obtener cargas equivalentes, por hectárea, de 2 y 3 UA, en un sistema de rotación con 4 días de ocupación y 28 días de descanso por potrero.

Ejemplo 2. Se quiere evaluar el efecto del pastoreo en una asociación aplicando tres períodos de descanso (14, 28, y 42 días) en potreros de 0.05 ha con una ocupación de 4 días y una carga equivalente por hectárea de 2 UA, constante para cada tratamiento de “períodos de descanso”. Cuántas UA se deben rotar en cada uno de los tratamientos “de período de descanso” para mantener una carga equivalente de 2 UA/ha?

Se aplica de nuevo la ecuación (5), así:

Para descanso de 14 días:

$$UA = \frac{(2) (0.05) (14 + 4)}{4} = 0.45$$

Para descanso de 28 días:

$$UA = \frac{(2) (0.05) (28 + 4)}{4} = 0.80$$

Para descanso de 42 días:

$$UA = \frac{(2) (0.05) (42 + 4)}{4} = 1.15$$

El investigador deberá utilizar 0.45 UA (180 kg PV), 0.80 UA (320 kg PV), y 1.15 UA (460 kg PV) en las frecuencias de 14, 28, y 42 días, respectivamente, para obtener una carga equivalente de 2 UA /ha.

Si durante el manejo del experimento se aplicaron cargas diferenciales según la época del año (por ejemplo, época de lluvia y época seca), los cálculos se hacen para cada época aplicando, en la misma forma, la ecuación (5). En tal caso, para calcular el promedio de la carga animal, es necesario emplear un promedio ponderado según el número de ciclos de rotación en cada época.

Un último ejemplo ilustra cómo, a partir de la presión de pastoreo, se pueden derivar valores de carga animal.

Ejemplo 3. Un investigador decidió evaluar una asociación utilizando presiones de pastoreo de 3 y 6 kg MVS/100 kg PV por día, en un sistema de rotación de 4 días de ocupación y 28 días de descanso, utilizando potreros de 0.05 ha. Después de completar 4 pastoreos, él quiere calcular la carga animal, en promedio, empleando los siguientes datos:

No. de pastoreos (ciclos)	Peso vivo (kg PV/potrero) para tratamiento de presión ^a de:	
	3	6
1	800	600
2	700	500
3	500	300
4	400	200

a. En kg MVS/100 kg PV por día.

Para calcular la carga animal equivalente, por hectárea, en cada pastoreo, se convierten los datos de peso vivo a número de UA (1 UA = 400 kg de PV):

No. de pastoreos (ciclos)	Carga equivalente (UA/potrero) para tratamiento de presión ^a de:	
	3	6
1	2.0	1.5
2	1.75	1.25
3	1.25	0.75
4	1.00	0.50

a. En kg MVS/100 kg PV por día.

Para calcular ahora la carga equivalente por hectárea (UA/ha) en promedio, una vez terminados los 4 ciclos de pastoreo, se emplea la ecuación general (3):

Presión de pastoreo: 3 kg MVS/100 kg PV por día.
Número de pastoreos o ciclos, i: 4.

$$CA = \frac{\sum[(2.0 \times 4), (1.75 \times 4), (1.25 \times 4), (1.0 \times 4)]}{(4) (0.05) [(4 + 28) (4)]} = 0.94 \text{ UA/ha.}$$

Presión de pastoreo: 6 kg MVS/100 kg PV por día.
Número de pastoreos o ciclos, i: 4.

$$CA = \frac{\sum[(1.5 \times 4), (1.25 \times 4), (0.75 \times 4), (0.50 \times 4)]}{(4) (0.05) [(4 + 28) (4)]} = 0.62 \text{ UA/ha.}$$

Según los cálculos anteriores, la carga equivalente por hectárea, en promedio, una vez concluidos los 4 pastoreos es de 0.94 y 0.62 UA/ha para las presiones de 3 y 6 kg MVS/100 kg PV por día, respectivamente.

Recomendaciones metodológicas para evaluar germoplasma forrajero en pequeños potreros

Tipo de prueba

Algunas recomendaciones metodológicas surgieron de los grupos de discusión de la reunión. Las recomendaciones se dirigen a dos tipos de prueba para evaluar germoplasma, según el número de entradas y el grado de caracterización que aquél tenga. Se consideró que el número de entradas junto con su grado de caracterización básica limitan físicamente las pruebas de pastoreo, limitación que es, por tanto, una buena razón para diferenciar dos tipos de prueba, a saber:

- Selección bajo pastoreo de un alto número de entradas de germoplasma cuya caracterización previa sea escasa.
- Evaluación bajo pastoreo de germoplasma en estado avanzado de selección.

Se acordó que, dentro de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), la selección bajo pastoreo de un alto número de entradas se realizará, principalmente, en centros mayores de investigación localizados en un ecosistema determinado. Por su parte, la evaluación bajo pastoreo de germoplasma en estado avanzado de selección se consideró como una actividad que se realizará en distintas localidades dentro de un ecosistema, existiendo la posibilidad de extrapolar la información de una localidad a otra —u otras— dentro de un mismo ecosistema.

Definición de términos

Se entiende por *entrada* una unidad de germoplasma (género, especie, ecotipo, variedad, accesión) que será evaluada individualmente en la prueba. Por *potrero* se entiende un área de pastoreo cercada —independientemente de sus dimensiones— que puede contener una sola o varias entradas, sembradas en parcelas individuales dentro del potrero. La *parcela*, por tanto, cuando hay más de una entrada por potrero, es el área —no cercada— que contiene una entrada, sea ésta una unidad de germoplasma o una asociación de germoplasma.

Selección de un gran número de entradas

Si bien el grupo de investigadores participantes en la reunión decidió no incluir más de 30 entradas en una misma prueba, debe entenderse esta cifra solamente como un resultado de la experiencia y del criterio de algunos investigadores y no como una evaluación crítica sobre el número óptimo o máximo de entradas.

Las principales recomendaciones metodológicas para montar estas pruebas son las siguientes:

A) CONOCIMIENTO PREVIO DEL GERMOPLASMA

Antes de iniciar la prueba se precisa un conocimiento de las siguientes características del germoplasma:

- Adaptación y productividad potencial en las condiciones de suelo y clima de la localidad.
- Resistencia a plagas y enfermedades.
- Grado de aceptación relativa por el animal.

La información sobre adaptación del germoplasma y su resistencia a plagas y enfermedades debe haberse obtenido en ensayos agronómicos previos (ensayos regionales A y B de la RIEPT) adelantados en la localidad o en un ecosistema similar. El grado de aceptación puede conocerse de la información generada en centros mayores de investigación, o localmente mediante el pastoreo de tipo “cafetería” del germoplasma forrajero que acaba de ser sometido a evaluación agronómica. Conocer el grado de aceptación del germoplasma por el animal servirá para no reunir en un mismo potrero entradas de germoplasma con grados de aceptación muy diferentes.

B) OBJETIVOS DE LA PRUEBA

A este nivel de la investigación, el objetivo es identificar o seleccionar el germoplasma forrajero que sea productivo y persistente bajo el efecto del pastoreo.

C) DISEÑO EXPERIMENTAL

En estas pruebas se aplican los diseños conocidos comúnmente, tales como bloques completos al azar, parcelas divididas, y otros.

Se recomienda enfáticamente que el investigador consulte con los especialistas en biometría antes de diseñar el experimento, y que con su ayuda y en función del tamaño de la varianza esperada, se escoja el diseño y el número de repeticiones necesarias que detecten diferencias significativas.

D) FACTORES EXPERIMENTALES

En este tipo de experimento se pueden incluir en el diseño los siguientes factores experimentales:

- Germoplasma
- Asociaciones de gramíneas con leguminosas
- Manejo del pastoreo
- Fertilización

Germoplasma. Se ha indicado que el germoplasma, en estas pruebas, no deberá sobrepasar las 30 entradas, que se sembrarán en parcelas dentro de un mismo potrero. Cuando haya grupos de germoplasma que sean diferentes por sus características de hábito de crecimiento o de grado de aceptación por el animal, se deben agrupar las entradas semejantes dentro de un mismo potrero. Esta precaución es indispensable porque evita la invasión o contaminación de unas entradas por otras —algunas tienen hábito invasor— y porque aminora el efecto del pastoreo selectivo ocasionado por el grado diferente de aceptación de las entradas.

Asociaciones. El germoplasma de leguminosas debería probarse asociado con gramíneas, consideradas las ventajas que la asociación reporta a la producción animal. Se recomienda entonces, asociar leguminosas con gramíneas de diferente hábito de crecimiento para determinar su rango de compatibilidad. Como alternativa, se recomienda asociar las leguminosas en evaluación con la mejor gramínea en las pruebas de adaptación (ERA y ERB), y con la gramínea común de la localidad.

Manejo del pastoreo. A este nivel de evaluación es conveniente definir el efecto del manejo del pastoreo sobre el germoplasma, especialmente en cuanto se refiere a la compatibilidad y persistencia de los componentes de la asociación. El manejo del pastoreo puede estudiarse con dos intensidades de pastoreo (carga o presión), como mínimo, o con dos frecuencias de pastoreo. Elegir, bien sea la intensidad o la frecuencia del pastoreo como factor de manejo, dependerá del investigador; si se elige la primera, deberá mantenerse constante la frecuencia de pastoreo, que se estimará por el conocimiento que se tenga de la tasa de crecimiento y madurez de la gramínea. Sin embargo, se pueden tomar, como una guía, periodos de descanso de 3 a 4 semanas en épocas de lluvias, y de cinco a seis semanas en la época seca. Si el investigador decidiera emplear la frecuencia de pastoreo como factor de manejo del pastoreo, será necesario mantener una presión de pastoreo —o una carga animal— uniforme en todas las frecuencias; también deben ser uniformes los días de ocupación del potrero.

Fertilización. No se recomienda, en general, que a este nivel de evaluación y selección del germoplasma se incluya la fertilización como un factor experimental. La fertilización de establecimiento debe fundarse en los requerimientos mínimos del germoplasma que se ensaya, los cuales deben estudiarse en ensayos de ajuste de fertilización a nivel agronómico, en cada localidad.

Si el investigador decide, en atención a los objetivos del ensayo, emplear más de un nivel de fertilización para evaluar el reciclaje de los nutrimentos y la fertilización de mantenimiento, es necesario considerar el riesgo de transferencia de fertilidad de una parcela a otra cuando se establecen, dentro de un potrero, parcelas con diferencias cualitativas o cuantitativas de fertilidad. Estos riesgos se pueden disminuir, pero no eliminar, empleando un sistema de defoliación rápida que impida el depósito de heces y de orina provenientes del mismo potrero. Además, los animales que entran al potrero deben venir de una pradera que ojalá no haya recibido fertilización.

Se recomienda que, en general, los tratamientos de fertilización se distribuyan en potreros separados, cuidando de no mover animales de los potreros con niveles más altos de fertilización a aquéllos con niveles inferiores; para evitarlo, se recomienda conservar un área fuera del experimento con un nivel bajo de fertilización, que servirá para limpiar—en un lapso de cinco o seis días—el tracto digestivo del animal. Alternativamente, sobre todo en estudios de reciclaje de nutrimentos, se recomienda rotar los animales en los potreros que han recibido el mismo tratamiento de fertilización.

E) VARIABLES DE RESPUESTA

La naturaleza de las pruebas de selección de un alto número de entradas de germoplasma exige que las respuestas a los tratamientos establecidos se midan en

términos de características cualitativas y cuantitativas de las plantas, sin que se determine ninguna respuesta en producción animal.

Las variables de respuesta que se deben medir son:

- Producción de materia seca total y materia verde en base seca de la mezcla (gramínea + leguminosa).
- Composición botánica (gramínea + leguminosa + maleza).
- Cubrimiento del suelo por el tapiz vegetal.

Se considera importante, además, llevar un registro minucioso de la presencia de plagas y enfermedades, sin aplicar ningún control sanitario ni de malezas.

Para estimar la producción de materia seca total y de materia verde en base seca es necesario medir, en las parcelas, el residuo que queda después del pastoreo y el forraje disponible antes del siguiente pastoreo. Cuando el experimento incluye tratamientos con cero días de descanso (pastoreo continuo), el cálculo de crecimiento del forraje demanda el empleo de jaulas móviles de exclusión.

Detalles sobre la manera de medir y calcular el rendimiento de las plantas forrajeras se encuentran en obras recientes de Hodgson et al. (1981), 't Mannelje (1978), Shaw y Bryan (1976); también en estudios más antiguos, pero aún válidos, del Grassland Research Institute (1961), de Lynch (1966), y de Brown (1954).

La composición botánica de la pradera a través del tiempo es una variable fundamental de respuesta, que permite evaluar la supervivencia de los componentes de las asociaciones bajo diferentes intensidades o frecuencias de pisoteo y de defoliación producidos por el animal. Los métodos específicos para medir esta composición botánica se encuentran en el libro de 't Mannelje (1978).

El número de entradas a este nivel de evaluación es grande y, en consecuencia, las observaciones cuantitativas deben mantenerse a un nivel mínimo necesario. Sin embargo, el investigador deberá ejercer un control visual constante del germoplasma en prueba para detectar los cambios que se produzcan en las asociaciones durante el año, la forma en que los animales defolian las diversas asociaciones, el grado de selección estacional por el animal de los componentes de la asociación, y—como se indicó antes—la presencia de plagas y enfermedades.

F) FRECUENCIA DE LAS OBSERVACIONES

Los cambios fundamentales que se desea medir en estas pruebas ocurren en el tiempo y por ello, es crítico hacer mediciones de mucha precisión al comienzo y al final de la prueba. Evidentemente, cuando se utilizan presiones de pastoreo es necesario medir la cantidad de forraje disponible antes de cada pastoreo. Si, en cambio, se utilizan cargas, se recomiendan mediciones periódicas, sobre todo en la época de lluvias y en la época de transición.

G) DURACION DE LAS PRUEBAS

Se recomienda que las especies en prueba se pastoreen durante dos años, una vez que estén bien establecidas y hayan recibido algunos pastoreos para uniformarlas.

H) TAMAÑO Y DISPOSICION DE LOS POTREROS Y PARCELAS

Los tamaños mínimos recomendados son los siguientes:

Potreros:	500 m ² (0.05 ha)
Parcelas dentro de los potreros:	25 m ² para plantas erectas; 50 m ² para plantas con hábito de crecimiento decumbente o con estolones.

Téngase en cuenta que las dimensiones y el tamaño de los potreros deben ser tales que permitan establecer el manejo del pastoreo deseado.

Los potreros deben estar separados por cercas; se pueden tender cercas permanentes con tres o cuatro hilos de alambre o una cerca eléctrica de alta potencia. En todos los potreros debe instalarse un bebedero y un cajón para sales minerales. El acceso al agua es, con frecuencia, un problema que debe resolverse cuando se trabaja con potreros pequeños, caso en que es necesario establecer diseños de campo que faciliten el acceso a un bebedero desde varios potreros.

Las parcelas dentro del potrero deberán delimitarse claramente con marcas permanentes para reconocer su contorno. No se recomienda hacerlo clavando estacas en el interior del potrero, sino colocando estacas de metal en los bordes del potrero y en las márgenes de las parcelas. La delimitación de las parcelas ayudará al muestreo.

Evaluación de germoplasma en estado avanzado de selección

En esta etapa de la evaluación del germoplasma, el investigador tiene en su poder germoplasma con características conocidas, que se halla muy próximo a las pruebas finales de evaluación donde se mide su potencial de producción animal.

A') OBJETIVOS DE LA PRUEBA

El objetivo de estas pruebas en áreas pequeñas es obtener información específica sobre los efectos de las variables que constituyen el manejo del pastoreo, y acerca de sus interacciones con la productividad, la compatibilidad, y la persistencia de las especies forrajeras, de tal manera que estas pruebas contribuyan a perfeccionar el diseño de pruebas ulteriores de producción animal y a visualizar el posible uso del germoplasma en sistemas de producción.

B') CONOCIMIENTO PREVIO DEL GERMOPLASMA

El germoplasma que ha llegado a esta etapa de evaluación debe haber sido caracterizado muy bien en etapas anteriores respecto a las siguientes variables:

- Crecimiento a través del año.
- Requerimientos de fertilización, por lo menos para la fase de establecimiento.
- Compatibilidad de gramíneas con leguminosas.

C') DISEÑO EXPERIMENTAL

Los comentarios de la sección C) se aplican igualmente a este tipo de prueba.

D') FACTORES EXPERIMENTALES

Los dos factores experimentales de mayor interés en estas pruebas son:

- Germoplasma
- Manejo del pastoreo

Cada entrada de leguminosa en asociación con la gramínea ocupa un potrero y se somete a pastoreo individual; sin embargo, cuando dos o más entradas son accesiones de una misma especie—con similares características morfológicas, época de floración, y grado de aceptación por el animal—se pueden agrupar todas en un mismo potrero en el que se empleará pastoreo común.

Estas pruebas avanzadas investigan más factores de manejo del pastoreo. Como variables de manejo del pastoreo se deben considerar, por lo menos, dos intensidades del pastoreo (presión o carga animal) y dos frecuencias, al menos, de defoliación. Ensayar por lo menos dos niveles de cada uno de los factores del manejo permitirá determinar las interacciones que ocurran entre éstos, dentro del rango escogido por el investigador. Esta práctica es fundamental para seleccionar germoplasma capaz de soportar condiciones extremas de pastoreo que a veces son muy reales. Puede suceder, por ejemplo, que de dos leguminosas en asociación con una gramínea una sea más productiva que la otra, pero persista solamente en condiciones de baja intensidad de pastoreo y con descansos prolongados, en tanto que la otra, de menor producción, persista bajo diferentes rangos de manejo del pastoreo. La primera leguminosa podría recomendarse a productores avanzados que manejan bien sus praderas y buscan materiales productivos; la segunda leguminosa se recomienda ampliamente, sin mayores restricciones de manejo.

Una alternativa adicional de diseño experimental, que permite la exploración de una gama más amplia de factores de manejo del pastoreo y de sus niveles, son los diseños de superficie de respuesta. Estos diseños requieren mayor disponibilidad de recursos y un área de trabajo más extensa; además, producen toda la información en forma de superficies de respuesta, y no es posible, por tanto, hacer comparaciones entre medias individuales. Una descripción detallada de estos diseños se encuentra en el trabajo de G.O. Mott (pág. 155).

E') VARIABLES DE RESPUESTA

Dado que se ensayan menos entradas, y que la información generada es paso previo para el establecimiento de ensayos de pastoreo que midan la producción animal, en esta metodología debe cuantificarse el mayor número posible de atributos de la pastura. Las variables de respuesta importantes son las mismas estudiadas en los experimentos con un número alto de entradas (sección E) haciendo énfasis en las determinaciones de la dinámica de la composición botánica como una medida de la estabilidad de la asociación.

Se recomienda medir periódicamente la cantidad de materia verde en base seca disponible (hojas + tallos) de los componentes de la asociación. Esta medida de la fitomasa —expresada como kg MVS/ha— está relacionada con la producción animal,

y contrasta con la ausencia de correlación que generalmente se encuentra entre materia seca total y producción animal.

F') FRECUENCIA DE LAS OBSERVACIONES

La necesidad de obtener información cuantitativa exige aumentar en estas pruebas la frecuencia de las mediciones. Si se utilizan cargas animales, se recomienda practicar las mediciones de disponibilidad de forraje al comienzo y al final de un determinado pastoreo y al comienzo del siguiente pastoreo para obtener, en épocas representativas, un estimado de la producción en los ensayos de rotación, como se explicó anteriormente (sección E). Se recomienda hacer estas mediciones en diferentes épocas del año que coincidan con periodos de mínima y máxima precipitación. Además, se requiere que en cada ciclo de pastoreo se mida el forraje disponible antes de llevar los animales al potrero, para determinar el número de animales que se deben utilizar si está empleando presión de pastoreo, o para hacer cálculos de presión de pastoreo que resulten de las cargas utilizadas.

G') TAMAÑO Y DISPOSICION DE LOS POTREROS

El tamaño mínimo de los potreros experimentales es de 500 m², tal como se indicó en las pruebas con gran número de entradas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en ecosistemas donde el germoplasma tiende a mostrar una menor productividad —en razón de la fertilidad del suelo, de la época seca prolongada, o de causas semejantes— esta área mínima debe incrementarse para permitir mayor flexibilidad en el uso de los animales, sobre todo cuando se decide utilizar carga animal para generar intensidades de pastoreo.

Cuando se evalúan varias entradas de una misma especie —con hábito de crecimiento y grado de aceptación por el animal similares— se pueden sembrar en parcelas delimitadas dentro del potrero, que tengan un área de 25 m² para plantas erectas y de 50 m² para plantas que crecen por estolones.

H') DURACION DE LAS PRUEBAS

Como en las pruebas con gran número de entradas, éstas deben tener una duración de 2 a 3 años, descontando la fase de establecimiento y los pastoreos para uniformizar las especies forrajeras.

Referencias

- Brown, D. 1954. Methods of surveying and measuring vegetation. Bulletin no. 42. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Hurley, England.
- Hodgson, J.; Baker, R.D.; Davies A.; Laidlaw, A.S.; y Leaver, J.D. 1981. Sward measurement handbook. British Grassland Society, Grassland Research Institute, Hurley, England.
- Grassland Research Institute. 1961. Research techniques in use at the Grassland Research Institute, Hurley. Bulletin no. 45. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Hurley, England.

- Humphreys, L.R. 1981. Environmental adaptation of tropical pastures plants. Scientific and Medical Division, McMillan, London, England.
- Lynch, P.B. 1966. Conduct of field experiments. Bulletin no. 399. N.Z. Department of Agriculture, Wellington, New Zealand.
- Mannetje, L. 't. 1978. Measurement of grassland vegetation and animal production. Bulletin no. 52. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Hurley, England.
- Shaw, N.H. y Bryan, W.W. 1976. Tropical pasture research; principles and method. Bulletin no. 51. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Hurley, England.

Glosario

cespitoso (a) = planta capaz de formar césped; en gramíneas o especies gramínoideas, las vivaces o perennes que amacollan mucho y —creciendo muy próximas— llegan a cubrir o encespedar extensiones grandes de terreno.

en oferta = (del inglés “on offer”) disponible; dicese del pasto o forraje presentado al ganado para su consumo.

forraje = hierba o heno seco que se da a las bestias. En esta publicación, especie forrajera, tanto gramínea como leguminosa, establecida en la pradera o pastura.

germoplasma = célula reproductiva; por extensión, cualquier célula o grupo de células (germinales o somáticas) capaces de transmitir la herencia biológica.

heurístico (a) = relativo a la heurística o arte de inventar.

ingestivo = (neologismo) lo que tragado o absorbido, se incorpora en un organismo animal. Alimentario.

“*mob grazing*” = pastoreo rápido e intensivo (con muchos animales durante periodos cortos de tiempo).

palatabilidad = (neologismo) gustosidad del pasto o forraje que lo hace apetecible al animal que lo consume.

pastorear = pacer, comer hierba el ganado en un campo o pradera. (Originalmente, llevar el ganado al campo para hacerlo pacer.)

pastoreo = acción de pacer o comer hierba el ganado en una pradera.

pastura (= pradera) = campo con especies forrajeras establecidas que serán pastoreadas por el ganado.

rotacional = (neologismo) rotatorio, en rotación; dicese del pastoreo no continuo de potreros de diverso tamaño.

sombrio = (regionalismo) sombra, cobertura proporcionada a especies vegetales de porte bajo por otras arbóreas de mayor altura.

topología = ciencia que estudia los razonamientos matemáticos sin considerar ningún significado concreto.