

UNIVERSIDAD DE MATANZAS "CAMILO CIENFUEGOS"

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PASTOS Y FORRAJES "INDIO HATUEY"

**Dinámica de algunos indicadores morfológicos y estructurales
de *Andropogon gayanus* CIAT-621 bajo condiciones de manejo intensivo**

Autor: Ing. Rey Machado Castro

Tutor: Dr.C. Félix Blanco Godínez

Tesis presentada en opción al Título de

Master en Pastos y Forrajes

Matanzas, 1995

DEDICATORIA

- Al maestro, en el año del centenario de su caída en combate.
- A Fidel, seguidor de sus ideas y máximo impulsor del desarrollo científico e intelectual de la Cuba de hoy.
- A mi noble madre, apoyo sin precedentes durante mi formación como niño, adolescente, hombre e intelectual.
- A mis hijos, por quienes lucho y trabajo con denuedo.
- A mi esposa, comprensiva, elocuente y ayuda eficaz en los momentos decisivos.

AGRADECIMIENTOS

Muchos son los que intervienen, de una forma u otra, en que salgan a la luz los resultados de una tesis. Es por ello que desearía expresar mis más profundos agradecimientos, sin que el orden determine diferencia alguna de mérito, a los siguientes compañeros:

- Dr.C. Félix Blanco Godínez, mi tutor, por su preclaridad a la hora de analizar los problemas aquí expuestos, la magnífica labor desplegada en función de las estrategias utilizadas, así como por las innumerables sugerencias en cuanto a búsqueda bibliográfica y arreglos al material original.
- Ing. Milagros Milera Rodríguez, quien me proporcionó todos aquellos elementos metodológicos del manejo, pero más que eso, estimuló mi trabajo durante todas las etapas desde su inicio.
- Dra.C. Marta Hernández Chávez, por facilitarme los resultados de los análisis de suelo, así como por la revisión de textos.
- Dr. Juvenal Menéndez Villaurrutia, jefe del grupo en que laboro, quien catalogó de necesarias todas las horas dedicadas a este trabajo.
- Téc. Carlos A. Núñez Guerra, quien tuvo a su cargo una buena parte de las mediciones realizadas.
- Lic. Alicia Ojeda González, por su consciente y escrupulosa labor en el trabajo de corrección de estilo, al cual dedicó horas de su merecido descanso.
- A Nancy Pérez Pérez, por su impecable trabajo mecanográfico.
- A Luisa M. Ramos Medín, quien me facilitó todo cuanto material bibliográfico me fue preciso.
- A Andrés Suárez Ramírez, por su esmero en la confección de las figuras y el material proyectado.
- A Teresa Daniel Almeida, por su eficaz ayuda en la mecanografía.
- Lic. Roberto Rolo Socorro, por brindarme los elementos necesarios sobre el muestreo, el procesamiento y los servicios de análisis estadísticos.
- Al Consejo Científico de la EEPF "Indio Hatuey", quienes aprobaron la ejecución del esquema presentado y los resultados que de esta tesis emanan.

SÍNTESIS

En un pastizal de *A. gayanus* CIAT-621 sometido a un sistema de manejo rotacional racional intensivo (170-236 UGM/ha), se llevó a cabo un estudio con el fin de caracterizar la dinámica de los siguientes indicadores: diámetro de la macolla (D), número de vástagos vivos (Vv), número de vástagos muertos (Vm), longitud y ancho de la hoja (LH y AH) y número de macollas/m² (Nm), así como para determinar el efecto producido por la estacionalidad y el manejo sobre estos y sus relaciones (Vv + Vm, Vv/D, Vv/m², Vm/D, Vm/m², Vt/D, Vt/m² y Vv/Vm), previo análisis de la variabilidad existente. La tasa de incremento de Vv, en 21 rotaciones, fue prácticamente 6 veces superior a la de Vm (5,61 vs 0,92). También se incrementó D (0,58) y Nm (0,025), no así LH y AH, que sufrieron un ligero decremento (0,46 y 0,055 respectivamente). La variabilidad morfológica y estructural fue alta (89,1 %) y la componente relacionada con la estabilidad tuvo un peso mucho mayor que la relacionada con la inestabilidad del pasto y el pastizal (42,9 vs 24,1 %).

Se halló interacción significativa época x año ($P < 0,05$) para todos los indicadores, excepto en Vm/m y en D. El máximo valor de Vv se encontró en la seca del segundo año y en la lluvia del tercero (195,8 y 192,1). Un patrón similar se obtuvo en Vv/D (9,28 y 7,74). El valor más elevado de Vm se detectó en la seca del tercer año (43,1); mientras que para Vm/D, este fue superior en la seca de los 3 años (1,90; 1,73 y 1,58). Vm/m² fue más alto en seca que en lluvia (37,6 vs 21,0). D en el tercer año difirió significativamente de los 2 años anteriores (26,0), mientras que en Nm fue superior en la lluvia del tercer año (1,68). LH y AH fueron significativamente superiores en la lluvia y sus valores medios fueron 52,0 y 1,58 (lluvia) y 34,7 y 0,78 (seca). Por otra parte, se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) favorables a 21-22 rotaciones, comparada con 14-16 en función de Vv, Vt y sus relaciones, así como para Vv/Vm.

Se concluye que bajo las condiciones existentes *A. gayanus* fue capaz de soportar altas cargas instantáneas sin manifestar deterioro alguno en los indicadores aquí estudiados; la estacionalidad ejerció una influencia decisiva asociada a la biología de esta especie, manifestándose profundas fluctuaciones en estos indicadores; la variabilidad producto de estos cambios fue alta y los máximos valores de su expresión estuvieron identificados con los indicadores responsables de la estabilidad de la macolla y el pastizal, el fenómeno del retoñamiento se produjo prácticamente simultáneo al consumo y/o muerte de los tallos elongados, pero la tasa de reposición siempre fue favorable a la tasa de senescencia; y que existió un discreto pero positivo aumento de la población.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1 <i>Andropogon gayanus</i>	4
1.1.1 Taxonomía y morfología	4
1.1.2 Origen, distribución y adaptación	5
1.1.3 Características agroproductivas	6
1.2 Fundamentación y bases del pastoreo rotativo racional.....	8
1.2.2 Fundamentación del PRV.....	10
1.3. La morfología y la estructura: componentes, relaciones, importancia y consecuencias sobre el comportamiento de los pastos.....	12
1.3.1 La expresión morfológica y estructural del pasto	12
1.3.2 Formación y morfología del retoño. Tipos de yemas	13
1.3.3 Importancia del retoño y la estructura en la productividad del pasto	18
1.3.4 Relaciones morfología-estructura y el animal en pastoreo	20
CAPITULO 2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	23
2.1 Manejo del pasto	23
2.1.1 Determinación del momento de pastoreo	23
2.1.2 Tiempo de reposo y carga instantánea	23
2.2 Muestreo	24
2.2.1 Unidad y técnica de muestreo	24
2.2.2 Número de muestras por unidad de muestreo	25
2.2.3 Determinación de los indicadores medidos.....	25
2.3 Procesamiento de los resultados y análisis matemático.....	26
2.3.1 Caracterización de la dinámica de los indicadores morfológicos y estructurales	26
2.3.2 Determinación del efecto de la época, el año y la frecuencia de pastoreo sobre la dinámica de los indicadores morfológicos y estructurales de la macolla	27
2.4 Características del suelo y el clima	28
2.4.1 El clima durante el período experimental	28
2.4.2 El suelo del área experimental	29
CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES MORFOLÓGICOS Y ESTRUCTURALES	31
3.1 Dinámica de los componentes morfológicos y estructurales	31
3.2 Relaciones entre los indicadores morfológicos y estructurales	32
CAPITULO 4. ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ÉPOCA, EL AÑO Y LA FRECUENCIA DE PASTOREO SOBRE LA DINÁMICA DE LOS COMPONENTES MORFOLÓGICOS Y ESTRUCTURALES	37
CAPITULO 5. DISCUSIÓN.....	42
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS	58
APENDICES	67

Índice de tablas, figuras y apéndices

Fig. 1.1 Interrelaciones planta-animal en sistemas de pastoreo.	22
Tabla 2.1. Comportamiento de algunos indicadores climáticos durante el período experimental.....	29
Tabla 2.2. Características del suelo del área experimental.	30
Fig. 3.1 Dinámica de los vástagos y otros componentes en la macolla.....	33
Tabla 3.1. Valores medios y tasa de variación de los indicadores medidos (21 rotaciones).....	32
Tabla 3.2. Valores medios de los indicadores y grado de correlación.....	35
Tabla 3.3. Relación entre variables e indicadores que explican la varianza (t^j).	36
Fig. 3.2. Círculo de las correlaciones.	36
Tabla 4.2. Efecto de la época y el año sobre los vástagos muertos y sus relaciones.....	38
Tabla 4.3. Efecto de la época y el año sobre los vástagos totales y sus relaciones.	39
Tabla 4.4. Efecto de la época y el año sobre el diámetro y el número de macollas/m ²	39
Tabla 4.5. Efecto de la época y el año sobre Vv/Vm y las dimensiones de la hoja.....	40
Tabla 4.6. Efecto de la frecuencia sobre la expresión de algunos indicadores morfológicos estructurales.....	41
Apéndice 1. Estadígrafos y valores de las medias maestras para cada indicador.	67
Apéndice 2. Indicadores para el cálculo del Error Estándar de las interacciones del capítulo 4.....	67

INTRODUCCIÓN

El manejo del pastizal, en el que se incluyen todos sus factores, el sistema utilizado, así como el medio ambiente en que este se desarrolla, pueden originar cambios de mayor o menor cuantía en la expresión cualitativa y cuantitativa de los componentes del pasto, es decir, en los vástagos y en el sistema radical, así como en los restantes componentes del pastizal en su conjunto. La trascendencia y consecuencia de estos cambios, pueden determinar la estabilidad y el equilibrio del pastizal y de sus componentes durante su vida útil y económicamente factible, o bien la inestabilidad de algunos o de todos los componentes y de sus interacciones, con su consecuente destrucción parcial o total.

Un enfoque muy bien concebido sobre las manifestaciones del manejo en la estabilidad de las praderas, toma en consideración los efectos producidos por este sobre la composición botánica, así como las fluctuaciones estacionales del rendimiento y de la calidad como consecuencia de la evolución de la flora. En este sentido, se ha abordado un amplio número de investigaciones, las cuales han sido desarrolladas fundamentalmente en pastizales compuestos por gramíneas o leguminosas templadas y sus asociaciones. Además, resultó objeto de una extensa revisión en la importante obra desarrollada por Brown (1963) sobre métodos de mediciones y registros de la vegetación; más tarde se constituyó como un valioso estudio sobre la ecología de los pastizales realizado por Voisin (1963) en su obra sobre dinámica de los pastos y fue ampliamente discutido en un simposio internacional dedicado a los cambios en la composición y productividad del pastizal, donde se incluyeron los resultados de más de 30 trabajos relacionados directamente con el mismo (Charles y Haggard, 1978). Debido a su interés e importancia para investigadores y productores, conformó también un punto de partida en investigaciones desarrolladas en Cuba, donde se le dedicó un énfasis especial (Remy y Martínez, 1978; Gómez y Párelas, 1978; Blanco, 1986), y aparece como un resultado de gran connotación en muchas otras, en las que los indicadores de la composición botánica se han incluido como importantes índices discriminativos o de valoración experimental, e incluso en ensayos iniciales de evaluación de especies y variedades.

Sin embargo, otra arista no menos importante, relacionada con la problemática de la estabilidad del pastizal, toma en consideración los cambios que producen el manejo y el ambiente sobre los propios componentes morfológicos y estructurales de la planta y de la población. De ahí que, desde la década del 50 y hasta la actualidad, los investigadores

hayan concedido en sus estudios una enorme importancia a la morfología y la estructura, entre los que se incluyen los relacionados con: el ahijamiento o retoñamiento del pasto a partir de las yemas; la elongación y remoción de los vástagos; la pérdida y reposición del área foliar como producto del corte y el pastoreo; la despoblación por pérdidas totales o parciales de los individuos o por pérdidas parciales de los componentes de estos últimos; las implicaciones de la competencia intraespecífica sobre el vigor de los rebrotes y los cambios que ocurren en la cubierta vegetal; la arquitectura y arreglo del follaje y sus consecuencias sobre la productividad y calidad del pasto; el efecto de la intensidad de explotación sobre la estabilidad de los componentes y la fisiología del-rebrote, así como el efecto del sistema con la participación o no del riego, la fertilización, el cultivo y el método de explotación (corte o pastoreo). Incluso, en este último también se han desarrollado investigaciones en aspectos concernientes a los efectos producidos por la frecuencia, la altura, la intensidad de pastoreo, la carga animal y el ciclo de rotación, relacionadas con algunos de los importantes tópicos mencionados con anterioridad.

No obstante, estos estudios, presentes en la mayoría de los congresos mundiales de pastos y en cónclaves regionales sobre la producción y explotación de los pastizales, han sido ejecutados, en casi su totalidad, en especies de gramíneas y leguminosas propias de las regiones frías del planeta; mientras que en especies tropicales se conoce muy poco acerca de estos conceptos.

Las informaciones que se pudieran obtener sobre las variaciones que se suceden en la dinámica de algunos indicadores morfológicos y estructurales de una especie tropical y las consecuencias prácticas que de ellas pudieran derivarse, a través de su análisis y bajo las condiciones de una técnica de manejo determinada, resultarían muy valiosas para investigadores y productores de esta región y justificarían una secuencia experimental encaminada en este sentido. ¿Cuáles son los cambios originados en la producción total de vástagos y en sus componentes cuando una especie tropical es sometida a un manejo intenso durante un largo período de tiempo?; ¿qué efecto ocasiona la estacionalidad y la frecuencia de pastoreo intenso sobre la dinámica de los vástagos y otros indicadores morfológicos y estructurales del pasto?; ¿en qué cuantía se presentan los vástagos vivos y muertos y qué repercusión tienen sobre ellos la frecuencia de pastoreo y la época del año?; ¿se modifica el diámetro de la macolla y ocurren fluctuaciones importantes en las dimensiones foliares?; ¿qué relaciones se establecen entre estos componentes y en qué cuantía se verifican?; ¿son positivos o negativos los cambios originados?. Estas y otras

interrogantes tendrán una respuesta en este trabajo, precisamente en *A. gayanus*, que ha probado ser muy útil en extensas zonas de África y América tropical.

La problemática que aquí se proyecta, consiste en estudiar la dinámica de los cambios que se suceden en algunos componentes morfológicos y estructurales de la macolla de *Andropogon gayanus* CIAT-621, cuando esta gramínea conforma un pastizal manejado mediante la técnica de explotación conocida como Pastoreo Racional Voisin (PRV), la cual se decidió implantar en el país a partir del año 1990 (Ministerio de la Agricultura, 1991).

De hecho, los resultados de la presente investigación, la cual se llevó a cabo durante un período de 3 años, sintetizarán el comportamiento de este cultivar comercial en tal sentido y, por otra parte, intentarán dar una explicación a varias incógnitas que están por dilucidar y que respondan a la forma en que dichos cambios se verifican desde el punto de vista cuantitativo. Ello también permitirá determinar cuán importantes son estos trascendentales eventos y si existe la necesidad o no de ampliar el espectro investigativo, así como su realización en especies tropicales de hábito similar o diferente y manejadas con las técnicas actuales y futuras. De ahí que los objetivos de este trabajo sean los siguientes:

- Caracterizar, en forma cuantitativa, los cambios ocurridos en la dinámica de algunos componentes morfológicos y estructurales en una población de *A. gayanus* CIAT-621 bajo condiciones de pastoreo intensivo.
- Determinar la influencia de la época y la frecuencia de explotación sobre la dinámica de algunos componentes morfológicos y estructurales en *A. gayanus* CIAT-621 bajo estas condiciones.

CAPITULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 *Andropogon gayanus*

1.1.1 Taxonomía y morfología

Andropogon gayanus es una especie de hábito macoloso, muy voluminosa, perenne, perteneciente a la familia *Gramineae*, subfamilia *Panicoideae*, tribu *Andropogoneae*. De ella se reconocen tres variedades: var. *gayanus* (= var. *genuinus* Hack.), con nudos y pedicelos ciliados a lo largo de un margen, espículas glabras pediceladas y arista dura corta de 1,0-2,0 cm de longitud; var. *squamulatus* (Hochst.) Stapf, con nudos y pedicelos ciliados a los lados de ambos márgenes, espículas pediceladas ásperas y pubescentes y arista dura espesa de 2,0-3,0 cm de longitud; y var. *biscuamulatus* (Hochst.) Hack. con nudos y pedicelos ciliados sobre ambos márgenes, espículas pediceladas vellosas a pubescentes y arista dura densa, frontal y lateral de 2,0 a 3,0 cm de longitud (Bowden, citado por Mejía, 1984).

Las características morfológicas y anatómicas de *A. gayanus* son casi completamente panicoides. Sin embargo, el embrión tiene dos caracteres festucoides: la posesión de un epiblasto y la ausencia de una fisura escutelar (Bowden, 1964).

Las macollas pueden alcanzar un diámetro que oscila entre 0,09 y 0,35 m cuando crece en suelos de mediana fertilidad y amplios marcos de siembra, aunque se han encontrado macollas con un diámetro de 0,53 m. La macolla está conformada por abundantes vástagos y retoños, cuyo número fluctúa entre 30 y 435, pero puede sobrepasar los 450.

El sistema radical de *A. gayanus* es denso y profundo, aunque un alto volumen de raíces se encuentra distribuido en los primeros 5,0 a 10,0 cm de profundidad. Además, presenta abundantes rizomas con internodios cortos, capaces de producir un alto número de retoños a partir de sus yemas.

En la etapa vegetativa los tallos, en alto número, permanecen muy pequeños y son portadores, cada uno, de 5 a 6 hojas, lo cual les confiere una aceptable conformación estructural determinada por estas últimas. Sin embargo, en el período de floración la casi totalidad de los tallos pasan a fase reproductiva y llegan a alcanzar entre 1,0 y 3,0 m de altura o más. Estos tallos son portadores de inflorescencias del tipo compuesto, de 30,0 a 60,0 cm de longitud, las que están conformadas por espalas pequeñas que agrupan 2 racimos y todas contenidas en una espala mayor.

Las hojas están compuestas por limbos de 14,0 a 85,0 cm de largo (y hasta 110 cm) y de 0,30 a 2,40 cm de ancho (y hasta 3,2 cm) y por vainas de 15,0 a 30,0 cm de longitud, ambos

separados por una lígula membranacea de color morado. No obstante, en la época de escasas precipitaciones estas hojas, en su mayoría, se secan y son sustituidas, en los nuevos brotes, por hojas más cortas y más estrechas, las cuales posteriormente crecen y se expanden en la próxima primavera. Un carácter morfológico muy interesante en la hoja de esta gramínea, es la de tomarse marcadamente acicular hacia la base del limbo y la de presentar abundante pubescencia en la haz y en el envés, lo cual determina una tonalidad verde claro acerado.

1.1.2 Origen, distribución y adaptación

En una revisión acerca del potencial de *Andropogon gayanus* en las sabanas de Oxisoles y Ultisoles de América tropical, Jones (1979) señaló que esta es una especie de origen africano, cuya distribución en altitud y clima en este continente se corresponde casi exclusivamente entre las isoyetas de 400 a 1500 mm anuales. De las tres variedades que agrupa esta especie (*gayanus*, *squamulatus* y *biscuamulatus*), la primera se presenta en tierras inundables estacionales de África occidental, así como en los bosques lluviosos de Zaire; la segunda se ha encontrado sobre suelos bien drenados de África tropical; mientras que la tercera tiene una distribución casi idéntica a la var. *squamulatus* al norte del ecuador y no ha sido hallada al sur de este último. Estas dos últimas variedades han invadido las áreas de sabanas hechas por el hombre, a través de la parte norte de la zona forestal de Nigeria.

La variedad *biscuamulatus*, en particular, fue introducida en Colombia (Sudamérica) y crece vigorosamente en una distribución de lluvia bimodal de más de 1800 mm anuales y con 5 meses de estación seca y 2100 mm de lluvia anual. Según García y Ferguson (1984), esta introducción (a la cual se le denominó CIAT-621) se produjo en el año 1973 y fue realizada por Bert Grof, quien recibió semilla de este pasto del UTA, Nigeria, de donde es originaria (CIAT, 1981). Esta fue liberada como cultivar en los siguientes países: en 1980 en Colombia, donde recibió el nombre de "Carimagua I"; en 1980 en Brasil como "Planaltina"; en 1982 en Venezuela como "Sabanero" y en Perú, "San Martín"; y en 1983 en Panamá, como "Veranero". En México fue introducida en 1981 (Ayala y Basulto, 1993), donde se liberó como pasto "Llanero", y en Cuba se introdujo en 1979 y se liberó como variedad comercial con el nombre de "Andropogon" y fue reconocida con el nombre científico de *Andropogon gayanus* cv. CIAT-621 (Anón. 1987).

Las variedades *gayanus*, *squamulatus* y *biscuamulatus* se presentan naturalmente donde el promedio de temperatura mínima del mes de invierno más frío, no es inferior a 4,4°C

(Bowden, citado por Jones, 1979); mientras que las dos últimas pueden resistir 9 meses de sequía, aunque su ambiente más favorable es bajo 1 000 mm, con una estación seca de 3 a 5 meses y una lluvia de 750 mm (Bogdan, citado por Jones, 1979).

A. gayanus posee un sistema radical que se caracteriza por presentar tres clases de raíces: fibrosas, acordonadas y verticales, las que contribuyen con 50, 40 y 10 % del peso total de las raíces respectivamente (Bowden, 1963). Este sistema es abundante, puede alcanzar hasta 180 cm de profundidad y representa el 40,5% de la biomasa subterránea, valor superior al encontrado en *C. ciliaris*, *C. nlemfuensis*, *B. purpurascens* y *P. maximum*, cuyos valores fueron de 39,8; 30,5; 26,0 y 25,8 % respectivamente (Hernández y Blanco, 1992). Tales características del sistema radical le confieren a este pasto la posibilidad de hacer un buen aprovechamiento de la humedad del suelo, extraer agua del subsuelo con eficiencia y permanecer verde durante la sequía (Ayala y Basulto, 1993).

En concordancia con lo anterior. Moreno, Machado y Souza (1983) demostraron que con un bajo contenido de humedad del suelo (cercano al punto de marchitamiento) a 40 cm de profundidad, *A. gayanus* mostró un mejor comportamiento y sus rebrotes no presentaron diferencias significativas entre las parcelas secas y la testigo.

Esta especie se adapta a suelos de ladera, ácidos arcillosos, ácidos marginales e incluso a suelos de acidez extrema, como los Oxisoles y Ultisoles (Mejía, 1984) con alta saturación de Al. Sin embargo, no es capaz de soportar prolongadas inundaciones, sobre todo en edades muy tempranas (Reyes, Rodríguez. Domech, Castillo y Hernández, 1992), aunque soporta muy bien el efecto del sombreo (Passoni, Keller-Grein y Heurck, 1990).

1.1.3 Características agroproductivas

Machado, Moreno y Alvim (1984) comprobaron que *A. gayanus* posee una alta tasa de crecimiento relativo, incluso superior a la de *P. maximum*, a la cual supera también en eficiencia fotosintética, productividad de MS y porcentaje de MS, en igualdad de condiciones. Su potencial de rendimiento de MS, en dependencia de las condiciones ambientales y las labores culturales a las que sea sometido, se encuentra entre 9 y 201 de MS/ha/año.

A. gayanus es una planta de día corto en cuanto al mecanismo de control de la floración, con un fotoperíodo crítico entre 12 y 14 horas. En Cuba su floración comienza a partir del 30 de septiembre hasta el 10 de noviembre y se repite desde el 1ero. de febrero hasta el 13 de marzo (Matías. Pérez, González y López, 1990); aunque su producción de semillas se ve limitada por la distribución desigual de la floración y una notable ausencia de uniformidad y

maduración (García y Ferguson, 1984), se han alcanzado rendimientos de semilla desde 148 kg/ha en el trópico seco mexicano (Eguiarte y González, 1992), hasta 368,1 kg/ha en Cuba cuando se cosecha a los 14 días posteriores al inicio masivo de la floración (González y Mendoza, 1992), e incluso hasta 600 kg/ha en condiciones locales privilegiadas para este fin (Olazabal, Guevara, Curbelo y Sevilla, 1990).

Ferguson (1981) señala que, según experiencias de varios años, es suficiente el empleo de 0.75 a 1,25 kg de SPG/ha para establecer áreas de *A. gayanus*; también se ha recomendado la siembra en surcos con 3,0 kg de SPG/ha (Castillo y Rivas, 1992) y durante los meses de la época de seca, con el fin de que se aprovechen las primeras lluvias del año (Ayala, Peralta y Aviles, 1993), o durante los primeros meses de lluvia con 1,5 a 2,0 o de 2,5 a 3,0 kg de SPG/ha (Anón, 1989).

Este pasto ha demostrado ser muy poco exigente a la fertilización durante este período (Hernández, Mesa, Reyes y Cárdenas, 1992), e incluso en asociación con *Teramnus labialis* su rendimiento no se afectó con la aplicación de 50 kg de P_2O_5 ; 50 kg de K_2O , 10 kg de Mg y S y 0,2 kg de Mo, así como no fue necesaria la aplicación de PK para aumentar el rendimiento y el porcentaje de la leguminosa (Hernández y Cárdenas, 1991). Esta característica es muy favorable, sobre todo si se toma en consideración la ausencia de respuesta a la fertilización, debido a su eficiente utilización del N nativo y a la absorción de K por intercambio catiónico radical, ya que el nivel de P en el suelo (> de 18 ppm después de 50 cm) llena sus requerimientos nutricionales (Berroteran, 1989).

Son muchas las evidencias existentes en cuanto a su resistencia a las plagas, particularmente las referidas a los daños causados por *Deois flavopicta* (Cosenza, 1985) y *D. incompleta* (Olivera, Goncalves y Alves, 1984), conocidas como "salivita". Este carácter, según Cosenza (1982), está asociado a su mecanismo de resistencia creado por una barrera densa de tricomas. En Cuba, bajo condiciones de manejo intensivo, se detectó la presencia de 16 especies de insectos. De estos los que más se presentaron en el pasto fueron *Hedyiepta indicata* y *Colaspis brunnea*. Sin embargo, las lesiones más notables las causaron el primer o y *Mocis sp.*, pero sus daños en el orden cuantitativo fueron mínimos, ya que ninguno de los insectos sobrepasó el nivel de un individuo/m y más bien fue menor (Alonso y Docazal, 1994). También en este trabajo se halló un patógeno (*Rhychosporium sp.*), cuyo pico de afectación en términos de área afectada no superó el 8,0 %.

Esta especie posee un valor nutritivo medio, pero demuestra una alta aceptabilidad por parte del ganado y logra muy buenas asociaciones con leguminosas de diferente hábito (Rojas y

Lascano, 1991; Menéndez, Vega y Tang, 1993; Hernández, Matías, Hernández, Ruz y Rolo, 1993). Además, mantiene muy buen comportamiento en pastoreo y buena persistencia, soportando muy bien la quema y otras labores destinadas a eliminar el material viejo y fibroso. Ortiz y Lascano (1988) obtuvieron buenas ganancias con el cultivar comercial (515 g/animal/día) comparadas con las de un genotipo talloso (421 g/animal/día) y otro hojoso (428 g/animal/día). En ceba inicial, con animales de 171 kg de peso vivo, cargas de 3,0 y 4,5 animales/ha y fertilización de 100-50-50 kg de N, P_2O_5 y K_2O , Alfonso, Hernández y Batista (1988) encontraron los mejores resultados con 3,0 animales/ha (854,7 g/animal/día); mientras que en condiciones de dura sequía y suelos de muy baja fertilidad, se alcanzaron ganancias de 760,7 g/animal/día cuando se utilizó un manejo flexible y se incluyó un banco de proteína de *L. leucocephala* + *N. wightii* (Hernández, Hernández, Hernández, Carballo, Carnet, Mendoza, Mendoza y Rodríguez, 1992).

Con hembras en desarrollo también se ha obtenido muy buen comportamiento, con ganancias de 780 g/animal/día (Simón, Ugarte, González, Gutiérrez e Iglesias, 1993); mientras que en producción de leche, *A. gayanus* + *Centrosema* y *A. gayanus* + *S. tylo*, comparado con *P. maximum* fertilizado, no difirieron, pero sí se observaron efectos favorables en su calidad al aumentar la PB con las asociaciones (Fernández, Ríos, Arteaga y Avila, 1990).

1.2 Fundamentación y bases del pastoreo rotativo racional

En Cuba, donde la alimentación del ganado lechero se basa fundamentalmente en los pastos y forrajes y sus formas preservadas (por ser esta la vía más factible), se presta gran atención a la introducción, evaluación y estudio del manejo y de los sistemas que impliquen el uso máximo de este alimento (Milera, 1991). Ello se debe a que las condiciones climáticas permiten la explotación de los pastos todo el año; la conversión de los cereales en carne es más eficiente por las aves y los cerdos que por los rumiantes; los rumiantes tienen una alta capacidad para utilizar la fibra como fuente energética; el consumo directo de los cereales por el hombre es más eficiente que si son consumidos por el animal; y los alimentos utilizados por el bovino (pastos, forrajes, subproductos agroindustriales) no compiten con las necesidades del hombre y de otros animales (Milera, 1991a).

Dentro de los factores que mayor influencia ejercen en el manejo de los pastos, se encuentran el clima, el suelo, la especie, la carga, el nivel de fertilizante y el sistema de pastoreo. Sin embargo, este último y la carga son los componentes esenciales que

determinan el manejo y la utilización de los pastizales; en el manejo intervienen elementos tales como los días de estancia, los días de reposo y la forma de manejar los grupos, los cuales influyen, en gran medida, en el grado de defoliación y la recuperación del pastizal (Milera, 1991).

Pinheiro, L.C. (comunicación personal) señala que para establecer un sistema de producción animal, este debe ser: energéticamente equilibrado, ecológicamente aceptable, ecológicamente sustentable, económicamente rentable, administrativamente viable, técnicamente ejecutable, culturalmente asimilable y socialmente justo: la producción unidireccional es un método capitalista que se empleó en la ganadería cubana, el cual plantea la utilización de insumos, riego, etc., sin preocuparse de la biocenosis. Tales aseveraciones son ciertas y prácticamente irrefutables y guardan una gran relación con lo planteado por García-Trujillo, Muñoz y Fraga (1993) en el sentido de que inadecuados sistemas de manejo y explotaciones intensivas con factores tecnológicos de países desarrollados, introducen a la ganadería del trópico importantes elementos de insostenibilidad. Es por ello que Pinheiro considera que esto se puede alcanzar mediante lo que él llamó Pastoreo Rotativo Racional (PRR) o Pastoreo Racional Voisin (PRV), cuyos principios básicos están muy bien definidos en la obra de Voisin (1963). Este último consideró el término "pastoreo racional" como sinónimo de buen pastoreo, cuyo significado parece susceptible de evitar confusiones, siempre nefastas, sobre los diferentes nombres utilizados por quienes se refirieron al pastoreo intensivo.

1.2.1 Objetivos del pastoreo rotativo racional

Según expresó Pinheiro, L.C. (comunicación personal), Voisin planteó en su obra aspectos muy renovadores, al considerar este sistema como racional, debido a que tiene la intervención del hombre, no existen recetas, no hay un conjunto de normas fijas sino leyes, que cuando se cumplen promueven un saldo positivo. En esto consiste el arte de saltar. Este arte prevé, como objetivos fundamentales de esta forma de manejo: a) la obtención de una mayor producción por unidad de área y con un menor costo, debido a que maximiza dos insumos de costo "0": la energía solar y el suelo; b) un mejoramiento de la fertilidad del suelo y la biocenosis, mediante la incorporación de altas cantidades de bosta y orina producto de la utilización de altas cargas instantáneas; c) un mejoramiento de las condiciones ambientales, mediante la inclusión de árboles; d) la producción de alimentos con mayor calidad biológica,

debido a la supresión de los agrotóxicos; e) propiciar la integración de factores con la implementación y planificación de los resultados a alcanzar.

Dos de las leyes a las cuales aluden Voisin (1963) y Pinheiro (19?), están encaminadas a la preservación y cuidado del pasto, permitiendo períodos de descanso que posibiliten el almacenaje de reservas y la llamada de crecimiento, así como que la hierba no sea segada por los animales durante el momento de ocupación. Las dos leyes restantes tienen como objetivo fundamental ayudar a los animales de mayor exigencia alimenticia, para que estos cosechen un pasto de mayor calidad, los cuales no deben permanecer en el potrero por encima de un tiempo límite que permita rendimientos aceptables.

1.2.2 Fundamentación del PRV

La fundamentación del manejo mediante el PRV fue muy bien argumentada por Milera (1991 a). En este sentido, la autora hace referencia a la relación entre el suelo, la planta y el animal en el proceso de explotación del pastizal, como clave en este método de pastoreo racional.

Al referirse al suelo describió que en la medida que se incrementa la fertilidad, aumenta la vida del suelo. La movilización o activación de la vida del suelo se logra con una alta concentración de bosta y orina por la presencia de la biota edáfica, principalmente conformada por organismos edáficos de variadas exigencias tróficas que pueden alimentarse saprocoprofágicamente, así como por coleópteros coprófagos que producen un rápido enterramiento de las excretas con el consiguiente reciclaje de los nutrientes, retención del nitrógeno y aumento de la humedad.

Esta incorporación puede ser sorprendentemente alta si se toma en consideración que una unidad de ganado mayor (UGM) puede producir 25 kg de bosta/día (con $\pm 70\%$ de agua y 30% de MS) y 14 litros de orina y que la composición de la MS es: N = $4,5\%$; P_2O_5 = $1,7\%$; K_2O = $1,35\%$ y Ca = $1,70\%$. Ello significa que cada UGM es capaz de aportar 123, 46, 80 y 50 kg/año de estos nutrientes (Pinheiro, L.C., comunicación personal).

La planta, y en este caso los pastos tropicales, es otro de los componentes del sistema que pueden ser aprovechados óptimamente con este manejo. Los argumentos esgrimidos en este sentido consisten en que las gramíneas tropicales, a diferencia de las especies templadas, utilizan la vía o ciclo Hatch Slack para la síntesis de carbohidratos, y por esta causa son mucho más eficientes, debido a que la enzima PEP-carboxilasa tiene un K_m mucho menor para el CO_2 ; ello determina que sean mucho más ávidas por el CO_2 , además de que en este tipo de plantas (C_4) no se detecta el fenómeno de la fotorespiración causado

por la presencia del llamado dimorfismo cloroplástico con la ocurrencia de una refijación de CO_2 en las células del mesófilo. La consecuencia más importante, desde el punto de vista del crecimiento de las plantas, es que la tasa fotosintética en las gramíneas tropicales (C_4) es 2 o 3 veces mayor que en las gramíneas templadas y leguminosas (C_3), poseen mayor eficiencia para el uso del agua y un punto de saturación de luz mucho menor, según la revisión realizada por Mesa (1990). Es por ello que el potencial de producción general en las plantas C_4 , puede variar entre 200 kg de MS/ha/día en climas húmedos templados y 350 kg de MS/ha/día en climas calurosos, a diferencia de las plantas C_3 en que se encuentra alrededor de los 200 kg de MS/ha/día, lo cual está determinado por la disponibilidad de luz (Sneep y Hendriksen, 1979). Específicamente para los pastos tropicales, este volumen puede estar entre 50,0 y 70,0 kg de MS/ha/día; mientras que en las C_3 son del orden de los 15,0 a los 30,0 kg de MS/ha/día (Pinheiro, L.C., comunicación personal).

Sin embargo, a pesar de las altas producciones en las plantas C_4 , estas se lignifican con mucha rapidez, lo cual es proporcional al tiempo de reposo. De ahí la utilización oportuna en el momento en que comienza la estabilidad del crecimiento, cuando el pasto se encuentra en el punto máximo de producción y en el cual coincide un alto contenido de PB y una mayor calidad del nitrógeno, denominado punto óptimo de reposo, que es el momento en que debe comer la vaca. Ello determina, entonces, la necesidad de la división del pastoreo en cuarterones, cuya cantidad estará en función del tiempo de reposo necesario para que la planta se recupere, sobre todo en el período poco lluvioso (Milera, 1991a). Para el manejo correcto de la curva de crecimiento, señala esta autora, debe considerarse la especie, el suelo y el clima; una explotación sin tener en cuenta estos elementos, puede traer como consecuencia la invasión de otras especies como indicadoras de un manejo inadecuado y el deterioro de la especie establecida.

Otro aspecto de vital importancia en el manejo mediante PRV, es el relacionado con el comportamiento animal, el cual está definido por sus acciones explícitas individuales y colectivas y es el método por el que los animales se relacionan con el ambiente vivo o animado; la conducta de los animales adultos es una combinación de los componentes hereditarios o innatos y de los adquiridos (Pinheiro, L. C., comunicación personal). Esta categorización etológica caracteriza a los animales en pastoreo, donde la comunicación, la audición, la territorialidad, el espacio social, la distancia de fuga y la impronta, juegan un papel fundamental en los hábitos que estos desarrollan en el pastoreo durante toda su vida.

El patrón de pastoreo del vacuno es un ritual con movimientos estereotipados donde existe el liderazgo. En el pastoreo la vaca selecciona las mejores especies y de estas las partes más tiernas, de mayor valor nutritivo, y de las de menor valor alimenticio; es por ello que esta actividad debe ser orientada por el hombre.

Resumiendo los aspectos esbozados por Milera (1991a), es posible plantear que entre los factores a tomar en consideración, si se desea optimizar el comportamiento animal y obtener una máxima producción en su explotación, se encuentran: el área del cuartón, la cual debe diseñarse para que posibilite una carga instantánea alta; las características de la especie y su correcta explotación, de forma que permita disponer de una densidad, edad y estructura apropiadas para un comportamiento animal adecuado; la utilización de sombra natural, la que mejora la producción y atrae un mayor número de animales, comparada con la sombra artificial; la separación de los animales a la hora de abreviar, lo que ha permitido obtener mayores tiempos dedicados al consumo de agua a favor de los animales separados en la cabeza y el cuerpo; el cumplimiento de la rutina de ordeño y el cuidado y la buena atención del animal, así como los aspectos concernientes a la reproducción.

De acuerdo con los conceptos y bases planteadas por Murgueitio y Preston (199?) sobre los sistemas sostenibles, es posible considerar que esta forma de manejo encaja perfectamente dentro de dichos sistemas, debido a que su concepción y fundamentación permiten una máxima explotación de los recursos naturales sin comprometer las producciones futuras.

1.3. La morfología y la estructura: componentes, relaciones, importancia y consecuencias sobre el comportamiento de los pastos

1.3.1 La expresión morfológica y estructural del pasto

La concepción puramente botánica del cuerpo vegetativo de la planta, expresada por Weier, Stocking, Barbour y Rost (1982), consiste en que el vegetal está formado por tres tipos de órganos: tallos, hojas y raíces, y que la forma externa de estos órganos concierne a su morfología y la estructura interna a su anatomía. Así, los tallos se constituyen como un soporte mecánico para las hojas y sus apéndices; de esta forma facilitan el proceso fotosintético y actúan como órganos conductores, productores de nuevos tejidos y, en alguna medida, almacenadores de agua y alimento. De acuerdo con su morfología, los tallos son órganos alargados y forman el eje sobre el cual están conectados los apéndices laterales, las hojas y las yemas. Este lugar de conexión es el nudo. Las hojas, en las plantas que producen semilla, son los principales órganos de producción de alimento (Weier, Stocking, Barbour y

Rost, 1982 a), y en las gramíneas, desde el punto de vista morfológico, están compuestas por vainas y limbos alargados, en cuya conexión se encuentra, generalmente, la lígula y en muchas de ellas la aurícula; mientras que las raíces, consideradas colectivamente como un sistema radical, tienen dos funciones principales: anclaje y absorción, además de servir también como órganos de almacenaje de ciertas cantidades de alimento (Weier, Stocking, Barbour y Rost, 1982 b), y se presentan en las gramíneas como un sistema fasciculado y con ausencia de pivote o raíz principal.

Estos autores también les adjudicaron un connotado papel a las yemas, su arreglo, clases y posición, con siderándolas como una estructura básica de las plantas vasculares, donde sobrevive un meristemo apical en extremos opuestos del vegetal.

Precisamente, las yemas se presentan en el pasto como uno de los órganos morfológicos más importantes, ya que a partir de ellas se promueve el crecimiento de los nuevos vástagos o retoños cuando la masa aérea foliar es removida mediante la siega o a través del pastoreo directo.

Los vínculos entre la morfología de la planta y la estructura del pastizal quedaron definidos por Tothill (1978), quien al referirse a las propiedades de la vegetación, define la estructura como un concepto estrictamente morfológico que comprende, en espacio y en tamaño, varios aspectos que pueden ser expresados en términos cuantitativos. Estos rasgos estructurales de los componentes de la vegetación son los siguientes: la altura, el tamaño de los tallos, las dimensiones de la corona (diámetro de la base), la cobertura y densidad, el hábito de ramificación, los estratos del follaje o estratificación, la altura concomitante y el espaciamiento entre las plantas. La estructura por sí sola no es usualmente empleada en la descripción de la vegetación, sino que es combinada con la fisionomía (apariencia de la vegetación determinada por la forma de vida de sus componentes), para producir una clasificación o descripción fisionómico-estructural. La estructura puede ser medida junto con la composición, aunque dentro de las praderas o pastizales esta puede cambiar rápida y dramáticamente en respuesta a la intensidad de pastoreo, con cambios a largo plazo en las formas de vida y los concernientes a la propia composición.

1.3.2 Formación y morfología del retoño. Tipos de yemas

Según Hodgson (1990), los retoños son las unidades básicas de la producción en los pastos y constituyen, esencialmente, un punto de crecimiento único encerrado en la vaina de las hojas o en la base, el cual crece y produce su propio sistema radical, y posee además la

capacidad de desarrollar nuevas generaciones de retoños a partir de yemas que se encuentran en la base de las hojas individuales. En la germinación, según expresa este autor, cada planta de pasto es, en efecto, un brote sencillo; sin embargo, el desarrollo conlleva a una planta compleja con muchas generaciones de retoños. Cada nuevo rebrote desarrolla raíces rápidamente y entonces puede ser considerado como autostenible en gran medida. No obstante, la interrelación entre rebrotes, progenitores y descendientes no está completa ni severamente separada y pueden existir importantes vínculos para la transferencia de nutrimentos después de la defoliación.

Mientras que la producción de hojas sobre un retoño individual de un pasto es un fenómeno virtualmente continuo, con su ciclo característico de crecimiento, la producción de nuevos retoños es usualmente un proceso intermitente, el cual puede ser catalizado por la defoliación de la planta y el consiguiente mejoramiento de la iluminación en la base del pastizal. Una definición aproximada de este proceso fue expuesta por Holmes (1980), quien consideró que la planta vegetativa de un pasto consiste, precisamente, en una colección de vástagos o retoños, cada uno de los cuales está compuesto por una estructura tubular hecha por las vainas de las hojas y coronada por las láminas de los límbos, la cual revela la presencia de la yema en el eje de cada hoja. Esta última, bajo condiciones apropiadas, desarrolla un nuevo vástago o retoño. Los vástagos o retoños que surgen sobre el tallo principal de la planta son conocidos como rebrotes primarios; estos son capaces de producir, a su vez, vástagos secundarios y así sucesivamente, en un proceso que está positivamente influenciado por las condiciones ambientales y en particular por la temperatura.

Hodgson (1990) también reafirma que los retoños individuales tienen un lapso de vida limitado, el cual puede durar hasta un año, pero frecuentemente dura semanas; esto no es lo usual en los pastos tropicales, como se verá más adelante. Así, la población de retoños puede ser mantenida solamente por un reemplazamiento continuo; este proceso puede ser alcanzado casi indefinidamente mediante un manejo apropiado sobre la base de la perennidad del pasto.

Sucesivas generaciones de retoños vegetativos mantienen la producción de un año para otro. Esta descripción se refiere a retoños en una fase vegetativa de crecimiento. En la primavera, sin embargo, muchos de los retoños que invernarón en el año previo, en el caso de los pastos templados, pasan de vegetativos a reproductivos, lo que conlleva al desarrollo de un tallo florecido y semillado; ello está asociado con una alta tasa de producción de

forraje, a causa de que el peso del tejido de la planta está acumulado en los tallos e inflorescencias extendidos. Otros cambios importantes en la fisiología del retoño ocurren en ese momento: el desarrollo de nuevos hijos cesa y comienza la elongación de los tallos; cesa además la producción de hojas del retoño y la propia producción de nuevos retoños, hasta que los tallos reproductivos sean cortados o mueran, o hasta antes o después de la aparición de las inflorescencias, lo cual depende de la especie o variedad (Holmes, 1980).

Otra concepción sobre el retoño y su fisiologismo, que complementa a la anterior sin entrar en contradicción alguna, fue expuesta con anterioridad por Holechek, Pieper y Herbel (1989), quienes consideraron a los retoños (tillers) como brotes vegetativos que crecen hacia afuera desde el interior de la vaina foliar que los circunvula; mientras que los brotes (shoots) son un término colectivo aplicado a los tallos y hojas de los pastos, y pueden ser vegetativos, reproductivos, encañados o no. Cuando estos brotes son laterales y crecen a lo largo del suelo, son llamados estolones y los culmos subterráneos son los rizomas. Tanto los rizomas como los estolones tienen potencial para formar raíces y sistemas de nuevos brotes a partir de los nudos, como una forma de reproducción vegetativa. Este desarrollo envuelve cambios en la forma o estructura de las partes de la planta. El crecimiento de esta última es mayormente una función del tejido meristemático en el que ocurre la división celular. En los pastos, las regiones meristemáticas primarias son apicales o intercalares. El meristemo apical se encuentra en el ápice de los tallos y raíces; mientras que el meristemo intercalar permanece en las regiones de tejido permanente, tal como sucede en la base de los nudos y las hojas. Las yemas son brotes rudimentarios o porciones de brotes con un meristemo apical activo. Cuando las yemas terminales son removidas, tal como sucede en el ramoneo, las laterales pueden ser liberadas y la producción de ramas se incrementa. Tal dominancia apical es más pronunciada en el caso de los arbustos que en el de las hierbas. En los pastos, según plantean Weier, Stocking, Barbour y Rost (1982 c) el enramamiento ocurre en los numerosos nudos basales de los tallos; estos brotes ramificados son llamados retoños y el proceso se denomina ahijamiento o retoñamiento. De ahí que la existencia de un reservorio de yemas laterales dormantes, provee jóvenes brotes que son capaces de asumir rápidamente el crecimiento para reemplazar los retoños dañados.

Un interesante estudio sobre estos importantes aspectos estructurales en los pastos tropicales, fue llevado a cabo por Dudar (1973), quien consideró que el conocimiento del ritmo estacional del desarrollo de los pastos, basado en los estudios de la dinámica de inicio y deterioro de sus retoños, es una condición importante para la formulación del sistema de

explotación y el manejo. Así, al estudiar: a) el ritmo estacional sin cortes o con 1-2 cortes al año, b) la morfogénesis del retoño y c) la ramificación de los tallos, encontró que el crecimiento es más intenso y la productividad es más alta durante el período de ahijamiento o retoñamiento y que muchas especies no paran de crecer incluso en invierno (*Cenchrus*, *Panicum*, *Uniola*, etc.); que la formación de los tallos reproductivos o algunas veces vegetativos largos detiene los procesos de formación de retoños nuevos en la base de la planta, aunque el mismo tallo se ramifica, dando tantas ramas reproductivas como vegetativas existentes (guinea, elefante, buffel) y que el corte de los tallos principales facilita el rebrote basal nuevo, pero con intensidad menor o igual, en dependencia de la estación anual y del genotipo de la planta. Las observaciones fenológicas mostraron que las poblaciones de pastos tropicales tienen el período de floración muy largo, de forma tal que se desarrollan varias generaciones de tallos ramificados caracterizados por una alta variación para los diferentes ecotipos (precoces, tardíos, etc.); este proceso de floración continúa en las especies estudiadas (14) durante no menos de 4 ó 6 meses o un año calendario. Se evidenció además, que el crecimiento activo de los retoños, que coincide con la utilización práctica más intensa, se encuentra durante la fase de floración para algunas especies (*D. decumbens*, *P. maximum*) pero no para otras (*P. purpureum*), por lo que se deben utilizar prácticas de manejo diferentes.

Por su parte, los estudios de ramificación de los tallos denotaron que para un gran número de especies tropicales, cortadas o no, la prolongación de la fase reproductiva está relacionada con la ramificación de fitómeros largos (tallos principales) y la formación de retoños de otros órdenes. Esta ramificación en los tallos principales y secundarios, se produce por el desarrollo de yemas nodulares, con excepción del último nudo prefloral. También Dudar (1973), llamó la atención de que la aparición de ramas nuevas en la zona superior del tallo "madre" generalmente es muy típica en pastos tropicales (*Cenchrus*, *Cynodon*, *Digitaria*, *Panicum*, *Paspalum*, *Setaria*, *Uniola*, etc.); mientras que en los pastos templados, por el contrario, la ramificación se produce, en la mayoría de los casos, en la parte basal. Dicho autor enfatizó la importancia práctica de estos estudios, que han sido poco desarrollados en especies tropicales, las cuales deben ser sometidas a investigaciones profundas en este sentido.

Más tarde Belyuchenko (1977), al estudiar la forma de los rebrotes de pastos perennes de panicoideas y eragrostoides, consideró que los rebrotes pertenecientes a las especies de estas dos subfamilias, están condicionados por sus peculiaridades en la formación de los

retoños y las yemas. De acuerdo con su arreglo y el rol que juegan en la renovación del césped, este autor dividió las yemas vegetativas de los pastos en cinco grupos: apicales de los vástagos apogeotrópicos aéreos; laterales de los vástagos diageotrópicos aéreos; laterales de los vástagos apogeotrópicos; de la zona de retoñamiento; y de los retoños rizomáticos. Estos grupos de yemas difieren significativamente en su etapa de desarrollo. La mayor peculiaridad de las especies de panicoideas y eragrostoides es su habilidad para rebrotar a partir de las yemas apogeotrópicas y diapogeotrópicas (laterales aéreas), en cuyo proceso tiene un marcado efecto las condiciones ecológicas sobre la participación de los distintos grupos de yemas en la formación del rebrote y específicamente del biomorfismo especial de estas plantas (donde los rizomas y los estolones son predominantes), con la producción de rebrotes de diferentes tipos. Estas especies, como apunta el autor, son notables por su vigoroso retoñamiento, intensiva ramificación y fotosíntesis, alta intensidad de erección por su especificidad de rebrote, y además son capaces de formar un gran número de yemas en diferentes etapas de desarrollo cuando se corta o promueve el volumen aéreo. Esta multuplicidad de yemas envueltas en el rebrote puede dividirse en: yemas vegetativas abiertas o cerradas de vástagos apogeotrópicos aéreos, las cuales están localizadas debajo del nivel del corte (5 a 6 cm); yemas cerradas o en crecimiento de los fitómeros elongados en vástagos o retoños diageotrópicos; yemas laterales maduras o inmaduras de fitómeros elongados de vástagos apogeotrópicos; yemas laterales de la zona de retoñamiento; y yemas de rizomas subterráneos.

Los primeros tres grupos se encuentran en la parte aérea y los otros dos están en la tierra; las tres últimas y la primera son muy características en los pastos macollosos.

El desarrollo y la transformación de estas yemas fue estudiado con anterioridad por Dudar, Y. y Machado, R. (inédito), quienes trabajaron con 5 especies que presentan diferentes formas vivientes, distintos tipos de retoño y una marcada diferencia en el ritmo estacional. Ellos comprobaron que el retoño maduro del pasto tropical pertenece al tipo monopodial con un sistema esquelético de retoños monocárpicos de corta vida; que estos últimos no se transforman en leñosos y después de producir semilla se secan rápidamente, comenzando a destruirse; y que las fases principales por las que estos transitan, antes de morir, son las siguientes: yema; yema-retoño, retoño vegetativo; fase de formación de los órganos primordiales sexuales; bandera; espigamiento; floración; semilla verde; semilla madura; secamiento gradual de la inflorescencia y deterioro gradual del sistema esquelético del retoño monopodial.

Todos estos aspectos relativos a la expresión morfológica del pasto, el desarrollo de las yemas y la dirección del crecimiento de los retoños formados, están muy relacionados con la estructura y diferenciación de los pastizales, así como con el hábito de crecimiento que los define. En este sentido, Machado (198?) planteó que la diferenciación de los pastizales es una consecuencia directa, entre otras, de la estructura y el hábito de crecimiento de las especies que los forman, y resaltó posteriormente el valor teórico y práctico que posee la estructura y el hábito de crecimiento en los pastos cespitosos, macollosos, estoloníferos y rizomatosos, bajo un sistema de explotación determinado.

1.3.3 Importancia del retoño y la estructura en la productividad del pasto

En relación con los importantes aspectos señalados con anterioridad, el hábito de ramificación, la densidad y la arquitectura del follaje, el arreglo estructural de los retoños y su fisiologismo, así como la disposición de las hojas y el área foliar, han sido profundamente estudiados en los pastos templados, debido al papel que estos desempeñan en la productividad y perennidad de las especies que han sido consideradas exitosas en las praderas bajo las más diversas formas de explotación.

En este sentido, Nojima, Oizumi y Takasaki (1985) argumentaron que se conoce, generalmente, que el rebrote después del corte, depende del abastecimiento de las sustancias de reserva que se encuentran en el rastrojo y las raíces, del lugar y el número de yemas y retoños, así como del balance de los cambios hormonales que se establecen, en los que la citoquinina ha sido reconocida como la hormona promotora del crecimiento de las yemas laterales y es contraria al papel que juega el ácido absísico como agente inhibidor del mismo (Nojima, Fuketa, Isoda y Takasaki, 1989). También es importante la propia remoción de los ápices del tallo en sí, la cual estimula el retoñamiento, ya que la remoción de los tallos alargados o la destrucción del meristema apical reduce la dominancia apical y proporciona, de esta manera, el crecimiento de las yemas laterales (Krause y Moser, 1977), debido a la diferenciación del xilema para formar una conexión entre la cicatriz de la yema y el xilema de la yema lateral, cuya terminación es seguida por el crecimiento de una nueva rama (Weier, Stocking, Barbour y Rost, 1982 c).

Por otra parte, también se considera que las plantas forrajeras difieren considerablemente con relación a su habilidad para recobrase del pastoreo, ya que el rebrote está determinado por la supervivencia del ápice del tallo, el área foliar remanente, el contenido de carbohidratos no estructurales y el potencial para el retoñamiento, así como por condiciones

favorables que permitan una regularidad de terminada del retoño miento y el crecimiento de los retoños (Ito, Tsubota y Nakayama, 1985).

La productividad de un pasto está determinada por la eficiencia de utilización de la energía lumínica cuando no existen limitaciones de agua y nutrimentos. Sin embargo, esta eficiencia depende, principalmente, de la estructura del follaje, el arreglo de las hojas y los retoños vegetativos y reproductivos dentro del follaje (Sugiyama, Kusutani, Takahashi y Gotoh, 1985), el índice de área foliar (Duru, 1989; Mott, McKeon y Day, 1993), así como de la altura de la planta, el grosor del tallo, el número de rebrotes y de la relación hoja tallo, pero en algunos pastos particularmente de estos dos últimos, conforme a los resultados obtenidos por Sukhchain y Sidhu (1993) mediante análisis de correlación y coeficiente de sendero. Como es lógico, todo ello no está exento del rol que juegan las condiciones ambientales, las cuales influyen de forma directa sobre el tamaño y el número de rebrotes, además de las relaciones que se establecen entre los propios componentes morfológicos y la productividad del pasto. Frankow-Lindberg (1993), al determinar el efecto de la altura de defoliación y el momento inicial de defoliación en los componentes del rebrote, comprobó que el rendimiento de los tallos vegetativos fue más afectado por el tamaño de los rebrotes, los que a su vez estuvieron determinados por la fecha inicial de defoliación en un año seco; mientras que en un año húmedo el factor más importante fue el número de rebrotes, el cual se incrementó con una fuerte defoliación independientemente de la fecha inicial de defoliación.

Por su parte, Nelson y Sieper (1977) encontraron que el rendimiento/planta tuvo un amplio rango, así como el rendimiento/vástago. Sin embargo, este último estuvo negativamente correlacionado ($r = -0,21^*$) con el número de vástagos en la segunda cosecha, lo que sugiere que los dos componentes fueron frecuentemente más antagónicos que sinérgicos en la contribución al rendimiento/planta. La correlación entre el rendimiento/planta y el número de vástagos o el rendimiento/vástago fue $r=0,51^{**}$ y $r=0,58^{**}$ respectivamente. No obstante, el rendimiento/vástago tuvo una significación especial en las condiciones del césped, a causa de que el número de vástagos se convierte en un estabilizador a pesar de la tasa inicial de siembra. Según la opinión de estos últimos autores, los mejoradores han dado un lugar importante en la presión de selección a la capacidad de retoñamiento para la selección parental durante el desarrollo de un cultivar. De ahí que sea evidente que la capacidad de retoñamiento es un importante factor determinante en el rendimiento.

1.3.4 Relaciones morfología-estructura y el animal en pastoreo

Entre los trabajos presentados en la sesión plenaria del XV Congreso Internacional de Pastos, Hodgson (1985) argumentó que la carga no puede ser considerada como una determinante primaria, tanto en la producción de biomasa como en el comportamiento animal, ya que su influencia está mediatizada "vía efecto" sobre un rango de características del pastizal, entre las que se encuentran la población con sus componentes morfológicos y estructurales (figura 1.1).

King, Sim y Grant (citados por Hodgson, 1985) formularon que existe un marcado grado de insensibilidad en la producción neta de biomasa, cuando se producen condiciones estables de pastoreo, es decir, pastoreo continuo. Esto último es una consecuencia de los cambios compensatorios en la población de los retoños o vástagos y la producción por retoño; los cambios asociados con la estructura del pastizal y la eficiencia fotosintética de la población foliar; y de la estrecha vinculación entre la tasa de crecimiento y la senescencia. Además, juegan un importante papel la arquitectura del follaje, así como el tamaño, la geometría y la estructura extrema de la planta (Kim y Chang, 1985).

Todos estos efectos reflejan la influencia del patrón de defoliación por los animales en pastoreo sobre la morfología del retoño y la renovación de hojas y rebrotes. Este cerrado vínculo entre la tasa de crecimiento de la biomasa y la senescencia, puede romperse en un corto período a través de un pastoreo temporalmente precoz en un pastizal fuertemente pastado, pero el efecto parece ser autolimitante como un resultado de los cambios progresivos en la población de retoños y el balance de crecimiento de tejidos y la senescencia de los retoños individuales. Estas y otras evidencias suministran las bases para argumentar que las tasas de producción no son tan marcadamente diferentes bajo prácticas de manejo ostensiblemente con trastes. Por ello, es preciso completar la información necesaria y comparable para especies de plantas morfológicamente contrastantes, en cuanto a hábito de crecimiento y ambientes diferentes, donde los patrones temporales de crecimiento y senescencia pueden estar menos vinculados.

La comprensión de estos aspectos, de acuerdo con lo señalado por Hodgson (1985) al reseñar un trabajo realizado por Stobbs, ha sido facilitada por el desarrollo de un enfoque en el cual las características estructurales del pastizal, tienen un impacto directo sobre el comportamiento de la ingestión en los animales en pastoreo. En este sentido García-Trujillo (1980), al realizar una extensa revisión sobre la utilización de los pastos tropicales para la

producción de leche y carne, señala la estructura del pasto como un elemento importante en la utilización y el manejo de los pastizales, y dentro de esta la densidad (que se expresa en kg de MS hoja/ha/cm), la cantidad de hojas y la disposición y accesibilidad de estas por el animal, aunque no hace referencia a otros elementos estructurales no menos importantes, como la propia relación hoja-tallo, la esterificación de esta, el arreglo estructural de los retoños y vástagos formados, así como el papel que desempeña el material muerto o senescente en el consumo; a dichos aspectos, en algunos casos, se les ha dado relevante importancia según los trabajos desarrollados por Hernández, Carballo, García-Trujillo, Mendoza, Robles y Fung (1989) y por Pereira, Lamela y Ripoll (1990), entre otros. De ahí la necesidad de tener una acertada apreciación y manipulación de los aspectos básico-prácticos relacionados con el estado del pastizal y sus componentes morfológicos y estructurales, para llevar a cabo un acertado manejo.

No obstante, es preciso no olvidar que la respuesta de las plantas forrajeras a la defoliación puede ser de orden fisiológico, a la vez que de orden morfológico. La primera ocurre a más corto plazo y la última, generalmente, a más largo plazo, pero ambas dependen del régimen de explotación y del balance alcanzado entre la demanda y el suministro de recursos de crecimiento establecido por las plantas; de ahí que la adaptabilidad de las especies forrajeras a varias situaciones de presión de defoliación, cuando estas van de ligeras a severas, dependan tanto de sus características fisiológicas como de las morfológicas (Chapman y Lemaire, 1993).

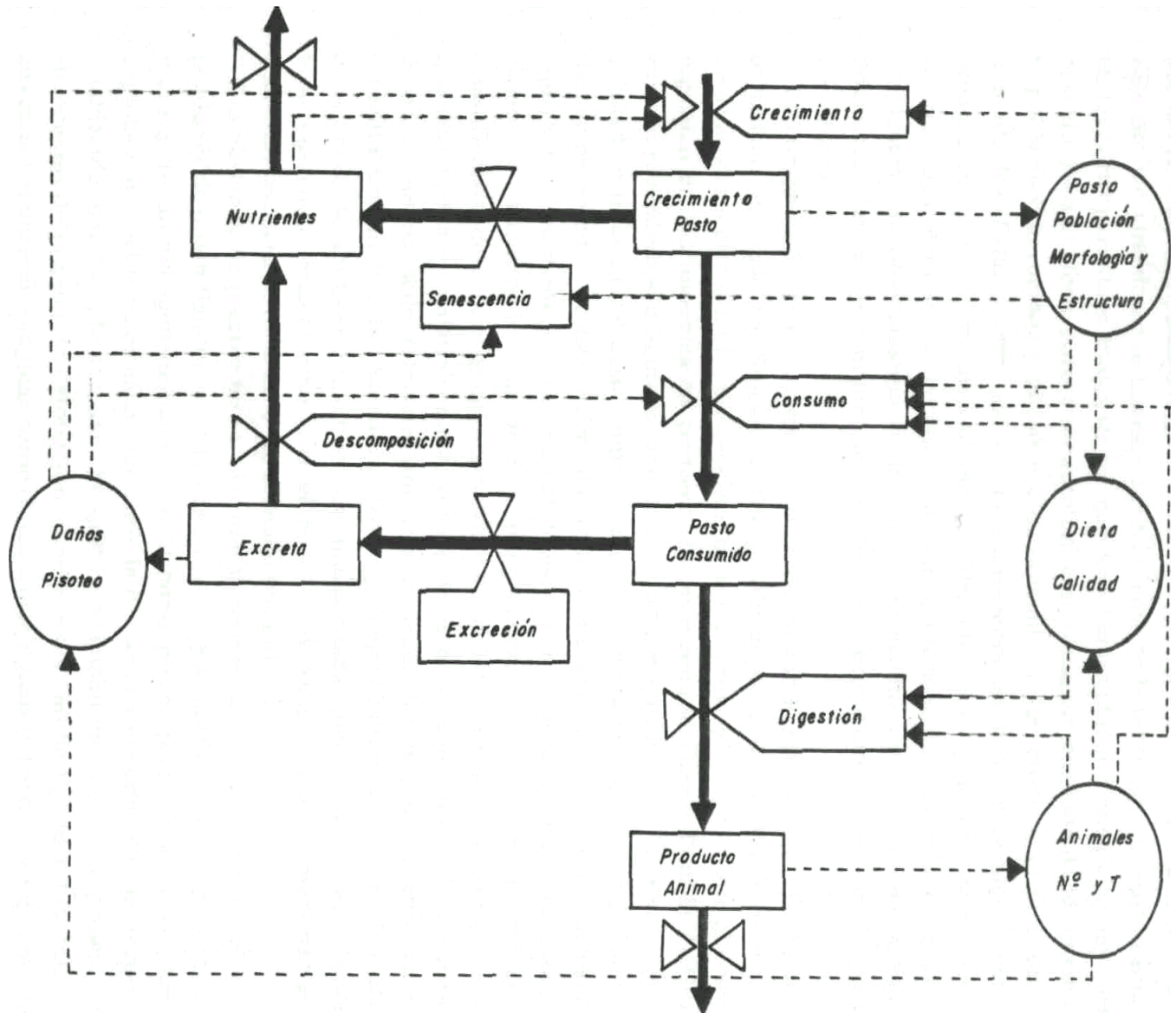


Fig. 1.1 Interrelaciones planta-animal en sistemas de pastoreo.

CAPITULO 2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.1 Manejo del pasto

2.1.1 Determinación del momento de pastoreo

En esta investigación el manejo del pasto fue flexible, acorde con el sistema utilizado, es decir, el Pastoreo Rotacional Racional. De esta forma, el pasto fue cosechado por los animales en función del llamado "punto óptimo", el cual se estableció mediante un método de ranqueo por puntos ideado y establecido sobre la base del grado de recuperación de las especies existentes en la flora del cuartón y, de modo particular, de aquella que constituyó el pasto base u objeto de estudio. En este método se adjudicó valor 1 tanto a los cuartones que fueron recientemente pastados como aquellos en los que en el pasto comenzó a desaparecer el efecto del pastoreo; 2 correspondió al momento en que brotaron nuevas hojas y desapareció el efecto causado por el animal; 3 estuvo determinado por el aumento de la biomasa foliar y en el que las hojas se mantenían aún con el ápice hacia arriba o levemente inclinado; 4 en aquellos cuartones que denotaron una mayor densidad de la biomasa foliar con un verdor más intenso y en los que las hojas se observaban dobladas hacia abajo con un ángulo de 60 a 90°; y 5 en el momento en que se comenzaron a observar cambios en la coloración de las hojas, en la base aparecían hojas marchitas y el pasto podía estar fructificado. De acuerdo con los resultados obtenidos a través de repetidos muestreos en estos puntos, se consideró que los mejores valores del contenido de PB, porcentaje de hojas, tiempo de reposo y disponibilidad, se alcanzaron en el punto 4, y que este era precisamente el mejor momento o punto óptimo para introducir los animales.

2.1.2 Tiempo de reposo y carga instantánea

Al iniciar el período evaluativo, en el pastizal existía un alto volumen de biomasa, causado por el tiempo que estuvo el área sin explotación y, además, por el alargamiento de las labores de cerqueo. Ello motivó que en la primera rotación se emplearan varios grupos de animales con el objetivo de que fueran pastados rápidamente todos los cuartones, debido precisamente a esta alta disponibilidad (6,836 kg de MS/ha). Posteriormente el área se sometió a una labor de chapea mecanizada, con el fin de eliminar el exceso de tallos y material residual.

Durante los meses del primer período lluvioso evaluado (junio a octubre de 1991) y en la seca posterior (noviembre de 1991 a abril de 1992), el tiempo medio de reposo fue de 51,8 días y la carga instantánea de 236,4 UGM/ha.

Concluida esta primera etapa, a la que se le llamó etapa de estabilización, los animales rotaron sistemáticamente, con lo que se lograron tiempos de recuperación de 28 días en el período lluvioso de 1992 y de 69 días en el poco lluvioso, y una carga media de 171,5 UGM/ha.

Sin embargo, a causa de algunos imprevistos motivados por falta de fluido y roturas, solo fue posible realizar algunas rotaciones en la época lluviosa de 1993 y en el período poco lluvioso de 1993 a 1994, las cuales se realizaron con tiempos de reposo de 36 y 93 días respectivamente y una carga instantánea de 215,4 UGM/ha.

Por otra parte, los resultados también se organizaron con el objetivo de determinar el efecto de la frecuencia de pastoreo sobre los indicadores estudiados. De esta forma, se promediaron los valores de los cuartones que fueron rotados entre 14, 16, 18, 19, 21 y 22 ocasiones durante toda la etapa investigativa. Los tiempos medios de reposo, para estos grupos, fueron: 59,2; 49,3 y 44,6 días y las cargas instantáneas de 215,2; 203,5 y 200,0 UGM/ha, respectivamente.

2.2 Muestreo

2.2.1 Unidad y técnica de muestreo

Las unidades de muestreo fueron los cuartones ocupados por el pasto, los cuales poseían un área de 900,0 m (30,0 x 30,0 m). De un total de 67 cuartones (6,03 ha) que componían el pastizal de *A. gayanus*, se muestreo en 25 (2,25 ha), lo que representó un 37,3 %; entre estos estuvieron incluidos los llamados "cuartones fijos", en los que se realizaron, además, otras mediciones por un grupo multidisciplinario de investigadores. Durante los 3 años consecutivos que conformaron la etapa evaluativa seleccionada, se hizo un total de 151 muestreos. De estos, 80 se efectuaron durante los períodos lluviosos y 71 en los períodos poco lluviosos. Ello significa que en los meses de lluvia se realizó una media de 27 muestreos; mientras que en los meses correspondientes a la etapa de menores precipitaciones se efectuaron 22.

En todos y cada uno de los muestreos, se utilizó una variante de la técnica conocida por "muestreo sistemático", la cual fue descrita por McIntyre (1978). Esta última consiste en

tomar una muestra a intervalos regulares, a partir de una primera prefijada al azar y en la que cada muestreo, practicado a través de una metodología preconcebida inicialmente, recoge la información poblacional con un mínimo de riesgos a través de líneas zigzagueantes trazadas de forma sistemática, con un máximo de precisión y con economía de esfuerzo por el número de muestras tomadas.

2.2.2 Número de muestras por unidad de muestreo

Con el fin de tomar las lecturas de los indicadores medidos: diámetro de la macolla, número de vástagos vivos, número de vástagos muertos, número de macollas por unidad de área y longitud y ancho de la hoja, se empleó un marco de $1,0 \text{ m}^2$, el cual se lanzó al azar en la primera de las 6 lecturas realizadas y cada 15 pasos, en zig-zag, para las 5 restantes. El diámetro de la macolla, así como el número de macollas/m, se determinó en todos y cada uno de los 6 marcos; mientras que los restantes indicadores se midieron en 3 de estos marcos, siempre que las macollas fueran representativas de la población del cuartón muestreado. Si se toma en consideración el tamaño de los cuartones (900 m^2) y el tamaño de la muestra ($1,0 \text{ m}^2$), el área muestreada representó un 0,3 % del área total unitaria, excepto para los dos primeros indicadores, en los que representó un 0,6 %.

2.2.3 Determinación de los indicadores medidos

Para determinar el diámetro de la macolla se utilizó un aditamento en forma de "compás", con una escala en centímetros lineales. Este aditamento se colocó justo en la "corona" de la macolla, determinándose así el diámetro de la base de la macolla, a nivel de la superficie del suelo. Primero se realizó una lectura, aproximadamente en la parte media del contorno de la macolla, el cual se asemeja a una circunferencia; con posterioridad se hizo una segunda lectura en sentido perpendicular al primero, de modo que ambas lecturas fueron promediadas con el fin de determinar el diámetro medio de cada macolla.

El número de vástagos vivos y de vástagos muertos se determinó mediante el conteo físico y pormenorizado del material existente en cada una de las macollas muestreadas. Para el caso de los vástagos muertos, solo fueron tomados en consideración aquellos que no se encontraban en estado total de deterioro (totalmente necrosados o desprendidos de la macolla), con lo cual se evitó el conteo de vástagos que fenecieron en períodos anteriores y muy lejanos al del muestreo vigente en ese momento.

El número total de vástagos se obtuvo mediante la simple sumatoria de los vástagos vivos y los muertos.

El número de macollas por metro cuadrado se determinó mediante un conteo en todas las tiradas efectuadas, incluyéndose en estas las macollas enteras (seniles y jóvenes), así como las porciones de otras macollas que se encontraban dentro del marco.

Para la determinación de la longitud y ancho de las hojas, se tomaron 10 limbos por macolla en diferentes puntos de las plantas, los cuales fueron medidos *in situ* o separados de la planta y medidos con posterioridad. La medición de la longitud se efectuó a partir del punto de separación existente entre el limbo y la vaina, es decir, desde la lígula hasta el ápice del limbo; mientras que el ancho de este se determinó en la zona comprendida entre la mitad del limbo y el último tercio apical.

Las medias muestreadas para cada uno de estos indicadores tuvieron su propia particularidad. Así, la media muestral utilizada para el procesamiento de los resultados, en el caso del diámetro de la macolla, representó el número promedio obtenido a partir de la suma de las "medias" de los dos diámetros medidos en todas las macollas seleccionadas; la media para el número total de vástagos, el número de vástagos vivos y el número de vástagos muertos, no fue más que el promedio de los conteos efectuados en 3 de estas últimas; en el caso del número de macollas por metro cuadrado, la media muestral representó el promedio del número de macollas existentes en las 6 tiradas efectuadas; mientras que en los indicadores relacionados con las dimensiones de las hojas, la media muestral representó el promedio de los 30 limbos escogidos.

Los muestreos efectuados en cada cuartón durante el período experimental, fueron rigurosamente periódicos y para ello, se escogió una frecuencia equivalente a un muestreo dejando dos rotaciones durante el período lluvioso y un muestreo en rotaciones alternas durante el período poco lluvioso. El momento de realizar el muestreo siempre coincidió en un rango de 1 a 6 días antes de entrar los animales, salvo en raras excepciones motivadas por alteraciones en el manejo (de índole objetiva o subjetiva) o por interrupciones imprevistas causadas por el fluido eléctrico.

2.3 Procesamiento de los resultados y análisis matemático

2.3.1 Caracterización de la dinámica de los indicadores morfológicos y estructurales

Para esta caracterización solo se tomaron en cuenta los indicadores originalmente medidos, es decir, el diámetro de la macolla, el número de vástagos vivos, y el número de vástagos

mueritos, la longitud de las hojas, el ancho de las hojas y el número de macollas por metro cuadrado, de forma tal que se pudiera alcanzar una mejor comprensión de las posibles variaciones ocurridas a partir de la primera y después de 21 rotaciones, como producto del manejo y de las condiciones ambientales y de sus posibles interacciones. Posteriormente, se determinó la tasa de incremento o decremento de cada indicador. Para ello se tomó como base el número de rotaciones y los valores de las medias muestrales en cada rotación. De esta forma se sumaron todos los valores positivos o que denotaron incremento, así como todos los valores negativos o que denotaban decremento. Obtenidos estos números y por simple diferencia se determinó el sentido de la variación (positiva o negativa), y por simple división entre el número de rotaciones, se obtuvo el valor de la tasa de variación.

Además, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con el fin de caracterizar las relaciones existentes tanto entre estos indicadores como entre los calculados, así como para establecer el papel que jugó cada una de estas variables sobre la varianza morfológica y estructural de la macolla y el pastizal. De esta forma, las variables originales analizadas fueron: diámetro de la macolla (D), número de vástagos vivos (Vv), número de vástagos muertos (Vm), longitud de la hoja (Lh), ancho de la hoja (Ah) y número de macollas por metro cuadrado (Nm); mientras que las variables calculadas fueron: vástagos totales ($Vt = Vv + Vm$), cociente entre los vástagos totales y el diámetro de la macolla (Vt/D), cociente entre los vástagos vivos y el diámetro de la macolla (Vv/D), cociente entre los vástagos muertos y el diámetro de la macolla (Vm/D), equilibrio entre vástagos vivos y vástagos muertos (Vv/Vm), densidad de vástagos totales por metro cuadrado ($DVt = Nm \cdot Ht$), densidad de vástagos vivos ($DVv = Nm \cdot Hv$) y densidad de vástagos muertos ($Dvm = Nm \cdot Hm$). Para realizar este análisis se confeccionó una matriz de datos, cuyas columnas estuvieron representadas por las variables y las filas por las medias de los muestreos realizados durante los 3 años que comprendió el período experimental. El procesamiento se realizó mediante el paquete estadístico STAT-ITCF Versión 2.

2.3.2 Determinación del efecto de la época, el año y la frecuencia de pastoreo sobre la dinámica de los indicadores morfológicos y estructurales de la macolla

Para determinar el efecto de la época y el año sobre la dinámica de los indicadores morfológicos y estructurales de la macolla, se organizó una matriz de datos con las medias muestrales obtenidas de acuerdo con el procesamiento descrito con anterioridad. En esta

matriz las variables controladas fueron la época y el año y las variables por analizar correspondieron a los indicadores medidos y sus relaciones.

El análisis de varianza para dichas mediciones y relaciones se efectuó mediante un modelo lineal aleatorizado desbalanceado. Las diferencias entre medias se determinaron con el uso de la dística de Newman-Keuls, para un nivel de significación de 5 %. Este proceso se efectuó a través del programa CSS.

Para determinar el efecto de la frecuencia de pastoreo sobre las variaciones de los indicadores morfológicos y estructurales descritos con anterioridad, se organizó otra matriz de datos. En esta las columnas estuvieron representadas por las variables controladas y las variables por analizar y las filas por los tratamientos escogidos y sus medias muestrales. Los tratamientos estuvieron conformados por cuarteles que fueron pastados entre 14 y 16 ocasiones en el período comprendido entre junio de 1991 y junio de 1994 (tratamiento I); los cuarteles pastados entre 18 y 19 ocasiones en este mismo período (tratamiento II) y los que fueron pastados entre 21 y 22 ocasiones (tratamiento III). El análisis de varianza para estas mediciones y relaciones se efectuó mediante un modelo lineal aleatorizado desbalanceado. Las diferencias entre medias se determinaron mediante la dística de Newman-Keuls para un nivel de 5 % de significación.

2.4 Características del suelo y el clima

2.4.1 El clima durante el período experimental

La Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" se encuentra ubicada en la zona central de la provincia de Matanzas en el municipio de Perico, en el punto geográfico determinado por los 22°48'7" de latitud Norte y los 81°2' de longitud Oeste, a una altura de 19,01 m sobre el nivel del mar (Anón, 1971).

En la tabla 2.1 se refleja, por época y año, el total de precipitaciones y evaporación, así como los valores medios de la temperatura máxima, media y mínima, la humedad relativa y las horas sol.

Como se aprecia, el primer año se caracterizó por ser bastante seco, sobre todo en el período de escasas precipitaciones. Este indicador mejoró en el segundo año y sobre todo en el tercero, en el que el volumen total fue superior en un 41 y 11 % comparado con el primer y segundo año respectivamente. La temperatura máxima alcanzó medias estacionales, muy similares en los 3 años, no así la temperatura mínima, la cual fue inferior

en ambas épocas en el segundo año. Sin embargo, la temperatura media fue muy similar. La evaporación total fue muy alta en todos los años y particularmente en el segundo, en el que las diferencias entre este indicador y las precipitaciones ocurridas fueron desfavorables en ambas estaciones y sobre todo en el período de mayor escasez.

La luminosidad mantuvo variaciones estacionales con un ritmo siempre ascendente desde el primer año hasta el tercero.

2.4.2 El suelo del área experimental

El suelo donde se llevó a cabo la fase experimental está clasificado como Ferralítico Rojo (Academia de Ciencias de Cuba, 1979). Este se caracteriza por presentar un perfil homogéneo con cambio gradual entre los horizontes hasta llegar a la roca madre, donde hay poca diferenciación, lo cual indica que la meteorización es avanzada debido a la desaparición del carbonato de calcio y al aumento de los óxidos de hierro y aluminio (Hernández, 1986); no obstante, se manifiesta con un perfil ABC bien diferenciado y profundo, de color rojo, arcilloso, permeable, ligeramente ácido con valores de pH inferiores a 6,8 y la capacidad de cambio catiónico de 6 a 20 me/100 g (Mesa, 1986).

Tabla 2.1. Comportamiento de algunos indicadores climáticos durante el período experimental.

Indicador	1er. año		2do. año		3er. año	
	Li	S	Li	S	Li	S
Precipitación (mm)	670,7	293,0	958,3	256,9	1 046,0	314,8
Temperatura máxima (°C)	32,7	28,6	32,4	29,4	33,4	29,9
T. mínima (°C)	21,3	15,4	19,9	14,8	20,2	16,4
T. media (°C)	25,9	21,8	25,7	21,8	26,1	22,7
Humedad relativa (%)	83,5	80,5	82,2	99,2	81,8	80,5
Evaporación total (mm)	577,7	746,9	997,1	906,3	992,9	866,6
Diferencia* 93		-552,4	-38,8	-649,4	53,1	551,8
Horas sol	7,1	6,5	7,4	7,8	7,9	7,9

* Entre precipitación y evaporación

El relieve es llano (1/1000), con una base geológica de roca calcárea que se presenta en forma de CO_3Ca a los 3 m de profundidad aproximadamente; mientras que la estructura es en bloques y resulta muy estable, favorecida por su unión con el Ca^{++} . La masa arcillosa friable es uniforme en todo el perfil, con buena porosidad y facilidad de percolación (Paretas, 1969).

Las características químicas más sobresalientes de este suelo en el área experimental se reflejan en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Características del suelo del área experimental.

Muestreo	pH	P	P_2O_5	K ₂ O	Nt	Ca ⁺⁺	Mg	⁺⁺	K ⁺	Na	⁺ T
			(ClK)	Mg/						100 g	
							meq/100 g				
1 (10/91)	5,7		2,66	3,78	0,18	11,	48	2,44	0,16	0,14	17,70
2 (6/92)	5,5		1,64	4,81	-		11,50	2,64	0,10	0,13	18,97
3 (1/93)	5,6		3,01	6,03	-		12,54	2,29	0,11	0,22	20,96

De acuerdo con dichos indicadores, el suelo de esta área posee un pH ligeramente ácido, así como contenido bajo de fósforo y medio de nitrógeno. Entre los cationes cambiabiles predomina el calcio. En función de estas características, puede considerarse como un suelo de mediana fertilidad.

CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES MORFOLÓGICOS Y ESTRUCTURALES

3.1 Dinámica de los componentes morfológicos y estructurales

La caracterización de los indicadores medidos en función de los promedios de las medias muestrales en cada una de las rotaciones efectuadas durante el período experimental: diámetro de la macolla, número de vástagos vivos, número de vástagos muertos, longitud de la hoja, ancho de la hoja y número de macollas/m² aparece en la figura 3.1. De acuerdo con los resultados, todos estos índices aumentaron a medida que el pasto fue rotado, excepto la longitud y el ancho de la hoja, en los que se detectó un ligero decremento general.

En esta figura se aprecia que las variaciones en el diámetro de la macolla, cuyos valores medios fluctuaron entre 16,0 y 31,0 cm, fueron ligeramente marcaditas en las 5 primeras rotaciones; este mantuvo valores entre 16,0 y 20,0 cm hasta la rotación número 11, momento a partir del cual sufrió un ascenso más o menos paulatino hasta la rotación 21.

El número medio de vástagos vivos osciló entre 50 y valores máximos de 250, y aun cuando su ascenso fue prácticamente constante, se notó una mayor producción de estos a partir de la rotación 11. En cambio, los vástagos muertos, cuyo número medio en las macollas fluctuaron ampliamente (de 10 a 55), mantuvo notables variaciones, con cortos períodos de estabilidad.

El patrón de comportamiento de las dimensiones foliares (longitud y ancho) fue similar en muchas ocasiones, aunque no siempre a una mayor longitud correspondió un aumento del ancho de la hoja. Las oscilaciones de los valores para ambos indicadores fueron bastante amplias (de 25,0 a 55,0 cm y de 0,6 a 1,7 cm, respectivamente) y en sentido general, se detectó una ligera disminución de ambos indicadores con la sucesión de las rotaciones efectuadas.

El número de macollas/m² osciló entre 1,0 y 1,7 y durante este período se manifestó una tasa de incremento positiva. En este indicador, aparentemente se operaron cambios bruscos en ciertos períodos. Obsérvese que las diferencias entre los valores máximos y mínimos hallados en momentos determinados (por ejemplo, en las rotaciones 4 y 5 y las que se encontraron entre las rotaciones 7 y 8), representan hasta 0,5 macollas/m². Sin embargo, este indicador se mantuvo más o menos constante entre las rotaciones 9 y 17, a partir de la cual se incrementó sustancialmente hasta 1,8 macollas/m² en la rotación 20.

Algunos estadígrafos y los valores extremos de las medias muestrales en todos estos indicadores, se reflejan en el apéndice 1.

Con el fin de complementar la información expuesta con anterioridad, se calcularon los valores de la tasa de variación de los indicadores por rotación de acuerdo con el proceso experimental utilizado para este cálculo. Los valores obtenidos se muestran en la tabla 3.1. En esta se aprecia que el número de vástagos vivos alcanzó la mayor tasa de incremento, seguido por el número de vástagos muertos, con un valor sensiblemente menor, y por el diámetro de la macolla. También es importante destacar el aparente decremento sufrido por la longitud y el ancho de la hoja durante el periodo experimental.

Tabla 3.1. Valores medios y tasa de variación de los indicadores medidos (21 rotaciones).

Indicador	Valor medio	Tasa
Diámetro de la macolla (cm)	20,7	0.58
Vástagos vivos (número)	129,0	5,61
Vástagos muertos (número)	30,1	0,92
Longitud de la hoja (cm)	40,8	-0,46
Ancho de la hoja (cm)	1.06	-0,055
No. de macollas/m ²	1,12	0.025

3.2 Relaciones entre los indicadores morfológicos y estructurales

En la tabla 3.2 se muestran las medias de los indicadores medidos y calculados durante los 3 años que comprendió el periodo experimental y los valores de la matriz de correlación establecida. Los resultados de esta última reflejan que el diámetro se relacionó con el número de vástagos vivos, el número de vástagos muertos y el número de vástagos totales, aunque los valores, aun cuando significativos, no fueron altos; mientras que los vástagos totales y los vástagos vivos y sus propias relaciones con el diámetro y la densidad, estuvieron alta y positivamente correlacionados entre sí.

También se encontró una correlación alta y positiva entre la longitud y el ancho de la hoja y negativa entre este último con los vástagos muertos, los vástagos totales y con la relación de estos y el diámetro de la macolla.

El número de macollas por unidad de área, también se vio favorecido cuando aumentó la densidad de vástagos totales y la densidad de vástagos vivos, no así con el aumento de los vástagos muertos y las relaciones de este con la unidad de área y el diámetro, los que resultaron bajos e incluso negativos en este último caso.

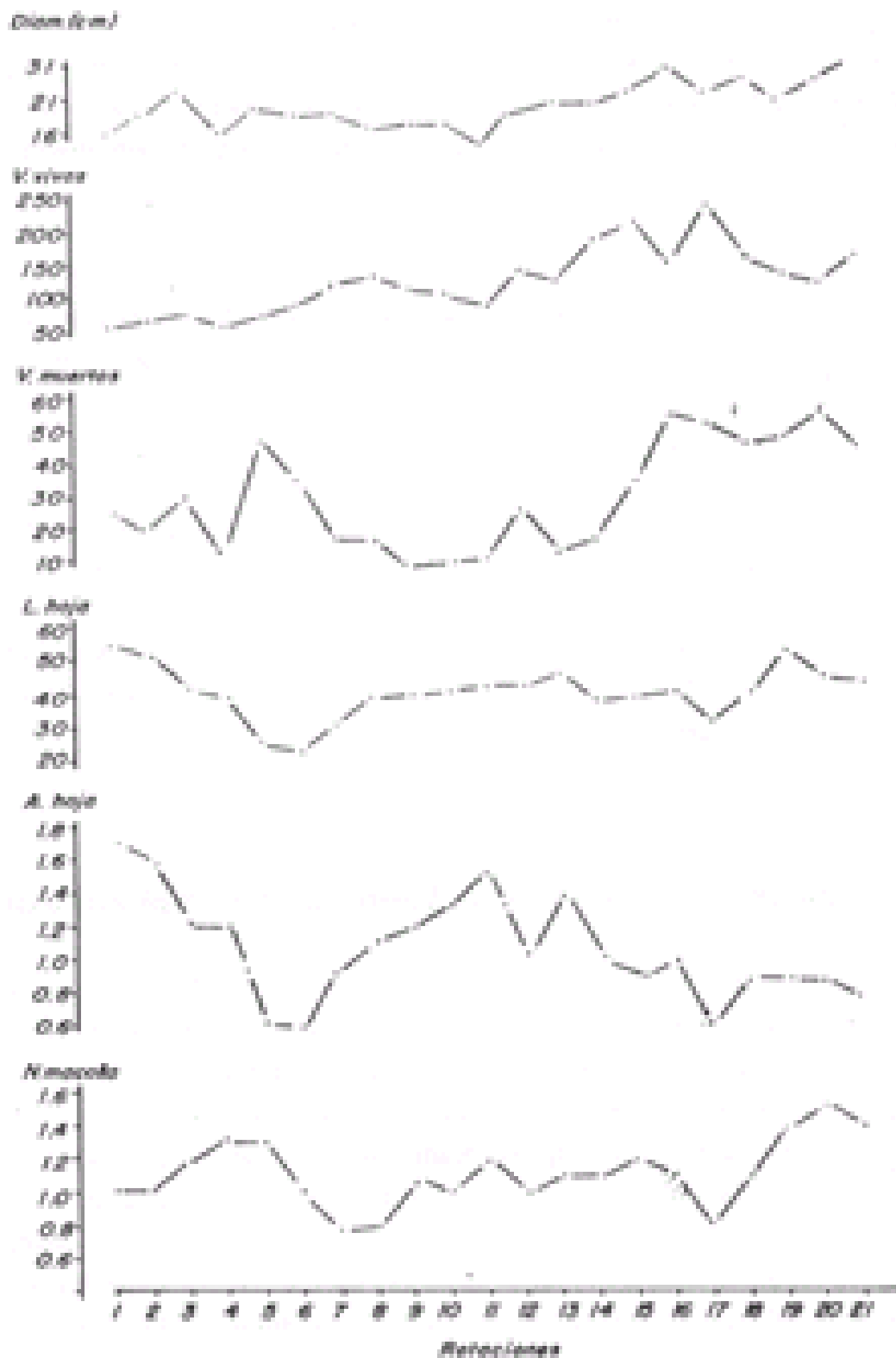


Fig. 3.1 Dinámica de los vástagos y otros componentes en la macolla.

Las correlaciones entre indicadores tales como Vv/D , Vt/D , Vt/m^2 y Vv/m^2 fueron altas y positivas. Sin embargo, la relación Vm/D solo aumentó positivamente cuando aumentó Vm ; mientras que el cociente Vv/Vm disminuyó al aumentar Vm y la relación de este último con el diámetro.

Una mejor comprensión de estas relaciones entre variables se obtuvo mediante los resultados del ACP (tabla 3.3). En esta se observa que la primera componente (CP1) extrajo un 42,9 % de la varianza total y los indicadores que mejor estuvieron representados en la formación de este eje (en función de los valores de r^2), fueron los vástagos totales (Vt), su relación con el diámetro 2 (Vt/D), los vástagos vivos (Vv), la densidad de vástagos totales (Vt/m^2), la densidad de vástagos vivos (Vv/m^2), así como el ancho de la hoja, indicador que se relacionó negativamente con los anteriores.

La segunda componente (CP2) extrajo un 24,1 % de la varianza y los factores más relacionados con este eje fueron la relación vástagos muertos/diámetro de la macolla (Vm/D), el número de vástagos muertos (Vm), la densidad de estos (Vm/m^2) y la relación vástagos vivos-vástagos muertos, la cual interactuó en sentido contrario.

La tercera componente (CP3) solo extrajo un 12,2 % de la varianza y en su formación contribuyeron, fundamentalmente, el número de macollas (Nm) y la longitud de la hoja; mientras que la cuarta y última componente por analizar (en la que el acumulado fue superior al 85,0 % de la varianza total) extrajo solo un 9,9 % de esta y fue el diámetro de la macolla (D) el indicador de mayor peso en la formación de este eje.

Una representación objetiva de este análisis y de la relación existente entre las variables para los ejes formados, se refleja en el círculo de correlaciones obtenido por este método (figura 3.2).

Tabla 3.2. Valores medios de los indicadores y grado de correlación.

Variable x		Vv	Vm	Vt	Lh	Ah	Nm	Vv/D	Vm/D	Vt/D	Vv/Vm	Vt/m2	Vv/m2	Vm/m2
D 20	,00	0,27**	0,31**	0,30**	0,09	-0,13	-0,17	-0,09	-0,02	-0,13	0,11	0,16	0,16	0,19*
Vv 12	1,20	-	0,15	0,97***	-0,23*	-0,39***	0,07	0,90***	0,07	0,86***	0,37***	0,78***	0,81***	0,21*
Vm 27	,20	-	-	0,33***	0,30**	0,51***	0,13	0,04	0,90***	0,21*	0,53***	0,16	0,05	0,79***
Vt 14	7,10	-	-	-	-0,29**	-0,48***	0,06	0,87***	0,26**	0,88***	0,22*	0,79***	0,79***	0,30**
Lh	41,30	-	---			0,81***	0,13	-0,32**	-0,38**	-0,40***	0,21*	-0,10	-0,06	-0,26**
Ah	1,19	-	---			-	0,11	-0,39***	-0,54***	-0,50***	0,23*	-0,25*	-0,20*	-0,45***
Nm	1,11	-	---			-	-	0,12	-0,06	0,11	0,02	0,57***	0,54***	0,34***
Vv/D	6,10	-	---			-	-	-	0,10	0,96***	0,34***	0,71***	0,74***	0,14
Vm/D	1,30	-	---			-	-	-	-	0,31	-0,58***	0,14	0,02	0,78***
Vt/D	7,30	-	---			-	-	-	-	-	0,18	0,71***	0,70***	-0,31**
Vv/Vm	7,40	-	---			-	-	-	-	-	-	0,20*	0,30**	-0,48***
Vt/m2	167,10	-	---			-	-	-	-	-	-	-	0,98***	0,45***
Vv/m2	138,60	-	---			-	-	-	-	-	-	-	-	0,32**
Vm/m2	29,20	-	---			-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 3.3. Relación entre variables e indicadores que explican la varianza (t^i).

Indicador	Componente				
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Valores de r^2					
D 0,	02	0,00	0,00	0,86	0,08
Vv 0,	81	0,10	0,02	0,03	0,00
Vm 0,	17	0,65	0,01	0,07	0,03
Vt 0,	87	0,01	0,01	0,04	0,01
Lh 0,	10	0,18	0,26	0,10	0,21
Ah -0,	35	0,25	0,15	0,00	0,14
Nm 0,	06	0,05	0,60	0,14	0,10
Vv/D 0,	74	0,10	0,06	0,03	0,03
Vm/D 0,	16	0,69	0,00	0,00	0,06
Vt/D 0,	82	0,01	0,04	0,04	0,05
Vv/Vm 0,	01	-0,64	0,04	0,03	0,00
Vt/m ² 0,	74	0,07	0,14	0,00	0,00
Vv/m ² 0,	69	0,15	0,09	0,00	0,00
Vm/m ² 0,	29	0,40	0,22	0,00	0,00
Valor propio (λ) 6,	00	3,37	1,71	1,38	0,76
Variación (%)	42,90	24,10	12,20	9,90	5,50
Acumulado (%)	42,90	67,00	79,20	89,10	94,60

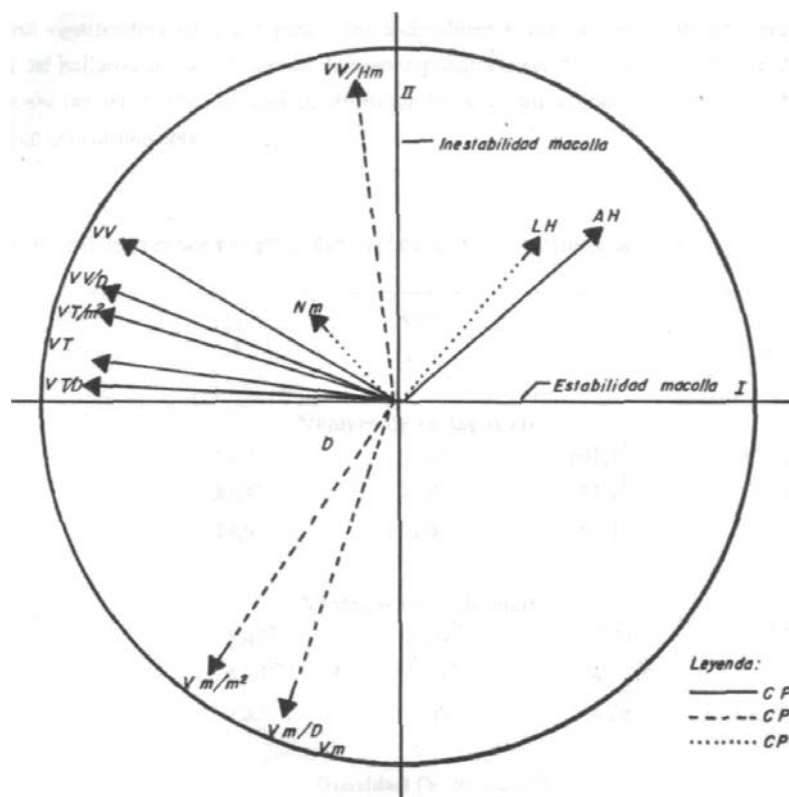


Fig. 3.2. Círculo de las correlaciones.

CAPITULO 4. ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ÉPOCA, EL AÑO Y LA FRECUENCIA DE PASTOREO SOBRE LA DINÁMICA DE LOS COMPONENTES MORFOLÓGICOS Y ESTRUCTURALES

En la tabla 4.1 se indica el efecto de cada año y la época sobre el número de vástagos vivos, la relación vástagos vivos/diámetro de la macolla y sobre la densidad. Como se observa, se detectó interacción significativa ($P < 0,05$) para estos indicadores y los mayores valores, para los dos primeros, se hallaron durante la época de menor precipitación del segundo año y la de mayor precipitación del tercer año, las que no difirieron entre sí. Sin embargo, la mayor densidad se encontró en esta última época.

Tabla 4.1. Efecto de la época y el año sobre los vástagos vivos y sus relaciones.

Época	Año			\bar{x}
	1	2	3	
	Número de vástagos vivos			
Lluvia 62,7	^c 105,4	^c 120,0		192,1 ^a
Seca 87,1	^c 195,	8 ^a	131,4 ^b 138,1	
\bar{x}	74,9 156,	6	167,1	
	Vamos a esperar 10 minutos			
Lluvia 3,42	^c 6,09	^b 7,	74 ^a	5,75
Seca 4,29	^{bc} 9,28 ^a 4,		83 ^{bc} 6,	13
\bar{x}	3,85 7,68		6,28	
De	densidad (V. vivos/m ²)			
Lluvia 75,7	^c 112,7	^c 322,7 ^a		176,6
Seca 91,4	^c 213,	4 ^b 99,	8 ^c 138,1	
\bar{x}	83,5 163,	0	211,2	

^{a,b,c} Superíndices no comunes difieren a $P < 0,05$ (Test de Newman-Keuls)

Es importante destacar que en todas estas expresiones de los vástagos vivos hubo un ascenso palpable desde el primer año hasta el tercero, constatándose incrementos de 86,8; 2,43 y 127,7 unidades para el número, relación con el diámetro y densidad respectivamente. Además, en las dos primeras expresiones (número y relación con el diámetro) la media de las épocas de menor precipitación fue ligeramente superior; no sucedió así con la densidad, cuya media fue superior, en términos absolutos, durante la época de lluvia, con valores que superaron en un 27,8 % a la media hallada durante las épocas de menor precipitación.

En el número de vástagos muertos (tabla 4.2) se halló interacción significativa ($P < 0,05$) y el mayor valor se alcanzó durante la época de menor precipitación del tercer año y los menores durante los tres períodos lluviosos. Sin embargo, cuando se relacionó este indicador con el

diámetro de la macolla, la interacción no difirió para la época de seca durante los 3 años estudiados y los valores fueron, como término medio, superiores en un 108,41 % a los de la lluvia; mientras que para la densidad no se encontró interacción alguna entre la época y el año y el número de vástagos muertos por unidad de área fue significativamente superior durante la época de seca.

Tabla 4.2. Efecto de la época y el año sobre los vástagos muertos y sus relaciones.

Época	Año			\bar{x}
	1	2	3	
Número de vástagos muertos				
Lluvia 23,	5 ^c	11,6	^c 13,4	^c 16,
Seca 3	8,6 ^b	36,	6 ^b 43,1 ^a	2
\bar{x}	31,0	24,	1	28,2
V				
ástagos vivos/diámetro				
Lluvia 1,	28 ^b	0,	67 ^{bc}	0,54
Seca 1	,90 ^a	1,	73 ^a	^c 0,
\bar{x}	1,59	1,	20	1,06
Densidad (V. muertos/m ²)				
Lluvia 2	8,2		12,4	22,5
Seca 4	0,5		39,8	32,7
\bar{x}	34,3	26,	1	27,6

^{a,b,c} Superíndices no comunes difieren a $P < 0,05$ (Test de Newman-Keuls)

También se encontró interacción significativa ($P < 0,05$) para el número total de vástagos (tabla 4.3), con valores máximos durante la época poco lluviosa del segundo año y para ambas épocas del tercer año, las que no difirieron entre sí. En la relación de este indicador con el diámetro y en su densidad, se halló interacción ($P < 0,05$) a favor de la época poco lluviosa del segundo año y de la época de lluvia del tercero respectivamente.

En estos resultados llama la atención el notable incremento del número de vástagos totales que se registró de un año a otro y, particularmente, el que se produjo durante la época de escasas precipitaciones, en la que las macollas alcanzaron un rango medio que fluctuó entre 125 y 233 vástagos por macolla. Nótese que el valor medio de producción de vástagos durante esta época del año fue de 177,6, cifra que superó, en un 30,3 % a la obtenida, como media, durante los períodos lluviosos. La relación entre el número de vástagos y el diámetro de la macolla también aumentó del primer año al tercero, aunque solo fue ligeramente superior en el período poco lluvioso (19,7 %) en relación con el lluvioso; mientras que su densidad también se incrementó con el tiempo, pero en esta relación la media de los

períodos lluviosos fue superior (16,1 %) al compararla con la de los períodos poco lluviosos. Los resultados del efecto de la época y el año sobre el diámetro de la macolla y sobre el número de macollas/m se muestran en la tabla 4.4. Para el diámetro de la macolla no se encontró interacción época x año y este indicador aumentó significativamente ($P<0,05$) desde el primer y segundo año hasta el tercero, momento en el que el valor medio fue un 34,7 % superior al compararse con el valor inicial. Al establecer la relación entre las medias estacionales, también se halló significación ($P<0,05$) a favor de los valores encontrados en la época poco lluviosa, aunque el incremento, en este caso, no fue tan acentuado en términos absolutos (13,9 %).

Tabla 4.3. Efecto de la época y el año sobre los vástagos totales y sus relaciones.

Época	Año		\bar{x}
	1	2	3
Número de vástagos muertos			
Lluvia 83	3 ^b	117,1	205,6 ^a
Seca 125,7			174,6 ^a
\bar{x}	106,0	174,7	190,1
Vástagos totales/diámetro			
Lluvia 4,	71 ^c	6,	76 ^b 8,29
Seca 6,	19 ^{bc}	11,01 ^a	6,41 ^b 7,
\bar{x}	5,45	8,	88
Densidad (V. totales/m ²)			
Lluvia 103,5	c	12	5,3 ^c 345,
Seca 131,9	c	253,3	b
\bar{x}	117,1	189,3	234,0

^{a,b,c} Superíndices no comunes difieren a $P<0,05$ (Test de Newman-Keuls)

Tabla 4.4. Efecto de la época y el año sobre el diámetro y el número de macollas/m².

Época	Año		\bar{x}	ES±
	1	2	3	
Diámetro (cm)				
Lluvia 18,	3	17,3	24,8	20,1 ^b 0
Seca 20,	3	21,1	27,2 ^a	22,9 ^a 0
\bar{x}	19,3 ^b	19,2 ^b	26,0	
ES±	0,65	0,61	1,08	
Número de macollas/m ²				
Lluvia 1,	20 ^b	1,	07 ^{bc} 1,	68
Seca 1,	05 ^b	1,	09 ^b 0,76	c
\bar{x}	1,12	1,	08	1,22

^{a,b,c} Superíndices no comunes difieren a $P<0,05$ (Test de Newman-Keuls)

Sin embargo, en el número de macollas/m² se halló interacción significativa ($P < 0,05$) a favor de los valores encontrados en la época de lluvia del tercer año. Es conveniente indicar que los incrementos medios observados en la densidad de macollas fueron discretos al comparar el tercer año con el primero (8,9 %), así como al relacionar la media del período lluvioso con las del poco lluvioso (35,0 %).

Al analizar estadística mente el efecto de la época y el año sobre la relación vástagos vivos/vástagos muertos y sobre las dimensiones de la hoja (tabla 4.5), se comprobó que para todos estos indicadores existió interacción significativa ($P < 0,05$) entre las épocas y los años. De esta forma, los valores más altos para el primero, se hallaron en la época de lluvia del tercer año; mientras que para la longitud de la hoja también se encontraron en esta época, pero en el primer y tercer año, y el ancho mayor en idéntico período, pero en los 3 años.

Tabla 4.5. Efecto de la época y el año sobre Vv/Vm y las dimensiones de la hoja.

Época	Año		\bar{x}
	1	2	
V	ástagos vivos/vástagos muertos		
Lluvia 2,	66 ^b 9,	08 ^b 14,3 ^a	8,68
Seca 2	,25 ^b 5,	34 ^b 3,04	64
\bar{x}	2,45 7,	21	8,67
	Longitud de las hojas		
Lluvia 5	4,9 ^a	41,8 ^b 59,3	0
Seca 26,	8 ^c 32,1	^c 45,2	7
\bar{x}	44,9 36,	9	52,2
	Ancho de las hojas		
Lluvia 1	,71 ^a	1,47 ^a	58
Seca 0	,71 ^b 0,	72 ^b 0,90	78
\bar{x}	1,21 1,	09	1,23

a,b,c Superíndices no comunes difieren a $P < 0,05$ (Test de Newman-Keuls)

Nota: En el apéndice 2 aparece el número de observaciones, los valores medios y el cuadrado medio del error para llevar a cabo el cálculo del error estándar de las interacciones ($ES \pm Int$)

La relación entre los vástagos vivos y los vástagos muertos fue particularmente alta en términos de incremento anual, particularmente en la época lluviosa, en la que las macollas manifestaron, como media, una producción de 8,7 vástagos vivos por cada vástago muerto. También se debe resaltar que las dimensiones de la hoja mostraron un patrón de comportamiento muy parecido y ambas fueron significativamente superiores en los períodos

lluviosos con relación a la seca. Así, el valor medio de la longitud y el ancho del limbo en la estación lluviosa, fue un 49,8 y 102,5 % superior respectivamente, al compararse con el valor medio producido en las épocas de escasas precipitaciones.

El efecto del número de rotaciones sobre los indicadores morfológicos y estructurales medidos o calculados, se expresa en la tabla 4.6. No se observaron diferencias significativas en el diámetro de la macolla, las dimensiones de la hoja y la densidad de macollas, así como tampoco en el número de vástagos muertos, su densidad y en su relación con el diámetro de la macolla, en los cuarteles que fueron rotados en un mayor número de ocasiones, cuando se les comparó con los que se rotaron en menos ocasiones en el mismo período.

Tabla 4.6. Efecto de la frecuencia sobre la expresión de algunos indicadores morfológicos estructurales.

Frecuencia *				Indicador			
D	Lh	Ah	m/m ² Vm	Vm/m ² Vm/	D		
14-16	19,8	35,8 1,10 1,	28	18,3	0,86 2	1,6	
18-19	20,3	41,4 1,21 1,	21	23,8	1,17 2	5,6	
21-22	21,3	42,4 1,18 1,	19	21,4	1,06 2	3,5	
ES±	0,73	1,19 0,06 0,	06	1,13	0,80 0	,06	
Vv	Vv/m ² V	v/D	Vv/Vm	Vt	Vt/D	Vt/m ²	
14-16	71, 7 ^b 91,	7 ^b 3,62	^b 3,	91 ^b 90,	0 ^b 4,	54 ^b 115,2	^b
18-19	101,3 ^b 122,5	^b 4,90	^b 4,	25 ^b 125,2	^{ab} 6,	16 ^{ab} 151,5	^{ab}
21-22	133,4 ^a 158,7	^a 6,26	^a 6,	20 ^a 154,8	^a 7,	26 ^a 184,6 ^a	
ES±	4,87*	5,38* 0,23* 0,	15*	5,89*	0,25* 6,18*		

*Número de pastoreos (período 6/91 al 6/94)

Sin embargo, el número de vástagos vivos, su densidad, su relación con el diámetro y su relación con el número de vástagos muertos, fueron significativamente superiores ($P < 0,05$) cuando se rotó en un mayor número de ocasiones (21-22), comparados con 18-19 y 14-16, las que no difirieron entre sí; mientras que en el número de vástagos totales, su densidad y en su relación con el diámetro de la macolla no se hallaron diferencias entre 18-19 y 21-22 rotaciones, aunque esta última difirió de 14-16.

CAPITULO 5. DISCUSIÓN

Al establecer un análisis global de la caracterización de los indicadores morfológicos y estructurales (fig. 3.1) se destaca, como uno de los aspectos más importantes, que los cambios experimentados en la casi totalidad de estos indicadores, independientemente de sus fluctuaciones, arrojaron un saldo positivo en la estabilidad estructural de la macolla y el pastizal. En este sentido, cabe destacar que la tasa de incremento del número de vástagos vivos fue prácticamente 6 veces superior al compararla con la tasa de incremento de vástagos muertos (tabla 3.1), lo que sugiere que este pasto fue capaz de mantener un ritmo de senescencia y sustitución de vástagos favorable a este último, cuyo cambio continuo asegura la perennidad (Langer, 1963). La connotación de dicho comportamiento radica en que este toma lugar bajo un fuerte régimen de explotación, expresado por una alta intensidad de pastoreo (superior a 170 UGM /ha durante estos 3 años), bajo condiciones de secano y suministro nulo de fertilizantes inorgánicos.

La alta capacidad de producción de retoños y vástagos vigorosos en *A. gayanus*, está muy relacionada con la ecología y la fisiología de esta especie, ya que procede de zonas áridas con largos períodos de sequía donde crece satisfactoriamente (Jones, 1979), es capaz de adaptarse y crecer favorablemente produciendo gran cantidad de rebrotes en condiciones estresantes de humedad (Moreno, Machado y Souza, 1983) y por su capacidad de adaptarse y producir en suelos de mediana a baja fertilidad donde es capaz de hacer un eficiente utilización del N nativo (Berroterán, 1989). Precisamente es esta la condición que caracteriza el suelo en que se efectuó el experimento (tabla 2.2), donde el contenido de N y P, con valores bajos, parece ser suficiente para satisfacer las demandas del pasto, aun cuando fueron ayudados además por el N proveniente de las leguminosas asociadas, las cuales se mantuvieron con valor medio de 12,9 % en este pastizal (Machado, R., inédito) y por el aumento de la masa de microorganismos solubilizadores de P en las primeras rotaciones (Tang, M. y Rodríguez, O., inédito). No obstante, también pudo jugar un importante papel la habilidad de *A. gayanus* para crecer y producir en suelos deficientes de P, debido a su bajo nivel crítico en este elemento (Mesa, Hernández, Reyes y Avila, 1988) y a la incorporación de MO como producto de las deposiciones de los animales en el área, que aun cuando fue limitada, favoreció ligeramente la fertilidad del suelo (Hernández, Marta, inédito).

El proceso de producción-muerte de los vástagos y sustitución de estos últimos por nuevos retoños se reflejó, consecuentemente, en el diámetro de la macolla, cuya curva en ascenso

se caracterizó en muchos momentos por la positiva influencia que en esta tuvo la mayor presencia de vástagos y retoños vivos, como se discutirá con posterioridad. Ello se debe a que *A. gayanus*, conforme con las observaciones realizadas en el campo, se caracteriza por hacer una relativamente rápida incorporación de los vástagos muertos a la hojarasca, ya que estos se necrosan y se descomponen con mucha rapidez después de florecer y esparcir sus semillas y en la macolla se produce un efecto de limpieza de este material, con lo que queda constituida por los nuevos y vigorosos retoños formados.

Otro aspecto de interés es el relacionado con los cambios que se originaron en las tasas de variación de las dimensiones de la hoja.

Como es conocido, las hojas de las gramíneas, al igual que las de otras plantas superiores, son uno de los componentes vitales del vegetal, debido a que es en estos órganos donde se produce por excelencia el proceso fotosintético. En estas, las dimensiones, es decir la longitud y el ancho, poseen gran importancia, ya que en una especie análoga como la guinea (*Panicum maximum*) dichos indicadores se comportaron como los mejores estimadores del área foliar, parámetro altamente relacionado con el crecimiento, el desarrollo y la productividad (Mesa, Lajonchere y Ávila, 1992). También el largo y el ancho de la hoja poseen una alta relación con el índice de área foliar, con el cual guardaron una gran analogía en su dinámica en la caña de azúcar (*Saccharum* sp.) y cuyo significado es de gran connotación, al constituir este último un indicador de la cobertura que realiza la superficie foliar de la planta del área cultivada (Torres y Álvarez, 1991).

De acuerdo con la figura objeto de análisis, tanto la longitud como el ancho de la hoja sufrieron marcadas variaciones, las cuales pudieron estar asociadas a los consabidos fenómenos de interferencia con los factores de clima que las modifican y que gobiernan el proceso de crecimiento. La dirección con que se produjeron estas variaciones en dichos indicadores guardó una gran relación y raras veces fue contrastante. De esta forma, en la longitud se produjo una tasa de variación general negativa, lo que significa que los incrementos circunstanciales fueron, por lo general, inferiores a las tasas de decremento producidas en otros momentos en los que se manifestaron las hojas cortas, lo que arrojó un valor negativo en este indicador; mientras que en el ancho se suscitó un efecto idéntico. Este fenómeno obedece a dos causas fundamentales. La primera es la presencia de las hojas jóvenes, cuyas dimensiones son acentuadamente más pequeñas que a aquellas que poseen las hojas largas y anchas que envejecen y mueren, a las cuales sustituyen; la segunda es el ligero pero progresivo decremento que se produce en las dimensiones de la hoja cuando

toman lugar sucesivas generaciones de retoños sobre la misma planta con respecto al momento inicial de siembra (Langer, 1963). No obstante, el valor de esta tasa de decremento se puede considerar bajo, lo que sugiere que incluso en las condiciones más adversas, en las que las hojas se tornan cortas y marcadamente angostas, la planta no pierde su configuración morfológica original (Apéndice 1). Este comportamiento es consecuente con la forma de retoñamiento de *A. gayanus*, que se caracteriza por producir la inmensa mayoría de los nuevos retoños en la base de la planta, lo que contrasta con el comportamiento de otras especies macollosas que como el buffel (*Cenchrus ciliaris*), emiten gran cantidad de rebrotes aéreos, secundarios y terciarios; estos, y en particular los más próximos a los extremos superiores de la planta, se transforman prácticamente en bulbillos de hojas cortas y estrechas (Machado, Duda y Roche, 1976), lo que ocasiona un patrón morfológico y estructural atípico en esta especie durante dichas etapas.

El comportamiento fluctuante del número de macollas por unidad de área es una consecuencia de la complejidad intrínseca de este indicador. Mientras que el número de vástagos (vivos y muertos), las dimensiones de la hoja y el diámetro de la macolla obedecen a las condiciones prevalecientes en el pastizal, el número de macollas se ve afectado por estas mismas variables y, además, por el estado en que se encuentra el follaje en función del volumen y la disposición estructural de sus componentes. Así, el número de macollas/m² no solo es consecuencia del número presente dentro del marco, sino también de aquellas que caían parcialmente dentro del mismo. De esta forma, los valores mínimos no significan pérdidas de individuos (aunque ocurrieron, pero en mínima proporción), sino que dependieron del conteo de una fracción menor cuando el volumen de la macolla aparentemente decrece como consecuencia de la muerte de los vástagos desarrollados, cuyas hojas son largas y anchas y se secan junto con estos, aconteciendo una pérdida parcial de los individuos; mientras que los valores máximos se atribuyen al efecto contrario, es decir, al engrosamiento o aumento del volumen de la macolla, como consecuencia del incremento y posterior crecimiento de los retoños que sustituyen a los anteriores.

Sin embargo, no cabe duda de que en sentido general se produjo un aumento del número de macollas, ya que en el área se pudo constatar la presencia de un alto número de nuevas macollas; aunque el incremento no fue tan notable como el observado por Machado (1994), quien apreció un incremento de un 60 % respecto a la población inicial en *A. gayanus* explotado con corte, es posible afirmar que este fue aceptable tomando en consideración las condiciones de explotación intensiva del pastizal. Ello indica que *A. gayanus* fue capaz de

producir tallos generativos y semilla fértil que germinó en un momento determinado y desarrollar, con ello, un estado de autorresiembr lento pero positivo. Al efecto, los resultados de Iglesias, Milera y González (1995) 2 arrojaron la cantidad de 259 tallos generativos formados/m² y una producción de 8,80 kg de SPG/ha con 10,7 % de germinación y un 84,0 % de viabilidad en esta área y precisamente en cuartones bajo pastoreo, lo que corrobora los resultados aquí discutidos.

La caracterización cuantitativa de los indicadores morfológicos y estructurales establecida con anterioridad, esclarece en gran medida el comportamiento de este pasto. Sin embargo, queda por dilucidar aún el grado de asociación múltiple entre los indicadores medidos, calculados y entre sí, el sentido en que este se dirige, así como la magnitud que tuvo cada una de estas variables en la estructura del pasto y el pastizal como una función del grado de variabilidad expresada en esta población estudiada. De ahí que una matriz de correlación, y sobre todo su transformación e interpretación a través de un ACP provea las herramientas necesarias para abordar con efectividad y rigor esta compleja problemática.

Algunas consideraciones generales realizadas sobre la base de los resultados de la matriz de correlación (tabla 3.2), permiten establecer, en primer lugar, que aun cuando existió un cierto grado de dependencia entre el diámetro de la macolla y los vástagos que la conforman (vivos y muertos), este mantuvo valores significativos pero discretos, lo que significa que no siempre una mayor abundancia de vástagos de cualquier naturaleza se corresponde con un aumento del diámetro de la macolla. Esta manifestación obedece a que el diámetro depende tanto del número como del grado de distribución especial que tengan estos vástagos, de su grosor y de la permanencia o no de las partes muertas en el contexto fisiológico-ambiental en que estos se desarrollan. En segundo lugar, se pudo constatar que existió un alto grado de correlación entre la mayoría de estos indicadores, con valores de r , excepto para las dimensiones de la hoja cuando estas se relacionaron con el número de vástagos de cualquier naturaleza y para algunas de las relaciones de los vástagos muertos con los demás componentes (cuando estos no estuvieron presentes en su formación). Todas estas relaciones fueron negativas y con valores de r medios o bajos, lo que indica la respuesta inversa que ejerce la presencia de un abundante retoñamiento sobre las dimensiones foliares, tanto en los nuevos retoños en formación, como en los rebrotes formados durante el período de retoñamiento, así como el carácter depresivo de las partes muertas de la planta sobre los restantes componentes estructurales.

A pesar de que la matriz de correlación permite establecer el grado de compromiso que existe entre variables dos a dos, esta posee ciertas limitaciones, ya que es insuficiente para explicar la verdadera asociación entre variables (Ismael, 1987; Estévez y González, 1998), debido a que el valor de r puede estar afectado por los efectos directos entre estas dos variables, así como por el efecto indirecto que provoca una tercera parte a través de una de ellas; por ello, muchos autores han utilizado con éxito el análisis de coeficiente de sendero como medio eficaz de establecer los efectos indirectos e indirectos sobre una variable en función de otro grupo de variables llamadas independientes (González, Iglesias, Pino, Caballero y Reinaldo, 1987; Machado y Núñez, 1989) y además, este valor de r debe manejarse con mucho cuidado cuando existe un alto grado de correlación entre variables, ya que puede aparentar linealidad donde no existe (Philippeau, 1986).

Tomando en consideración que el interés en este trabajo no reside en determinar el efecto de un grupo de variables sobre otra en particular, sino en caracterizar las relaciones entre las mismas de forma simultánea, determinar su sentido o dirección y sopesar la importancia que cada una tiene en la variación estructural existente, como se explicó con anterioridad, un enfoque multivariado a través de un ACP facilitaría tales objetivos, ya que las diferencias existentes entre magnitudes y la alta correlación entre las variables, proporcionan las premisas adecuadas para este tipo de análisis (Philippeau, 1986; Kosaki, Wasamo y Juo, 1989).

Una interpretación de los resultados de la tabla 3.3 permite inferir que la variabilidad estructural de esta población fue sumamente alta, ya que entre las 4 primeras componentes se extrajo un 89,1% de la varianza total. De este porcentaje prácticamente la mitad fue explicado por la CP1 (42,9%), es decir, por el eje 1, en el cual los valores que más contribuyeron a su formación (V_t , V_t/D , V_v , V_t/m^2 , V_v/D , V_v/m^2 y A_h), en función de los valores de r^2 , son variables estructurales y morfológicas altamente relacionadas entre sí y que se mueven en el mismo sentido, excepto A_h (figura 3.2), y que por su significación puede ser interpretado como un eje o componente indicador de la estabilidad de la macolla y el pastizal. Ello significa que durante el transcurso de la etapa evaluativa y bajo este manejo, *A. gayanus* mantuvo una estructura altamente favorable y estable. El hecho de que A_h se moviera en sentido contrario se debió a que esta dimensión adquiere valores mínimos precisamente cuando en las macollas y en el área prolifera un abundante número de nuevos retoños en los que las hojas aún no se encuentran desarrolladas; obsérvese además que L_h , aun cuando contribuye más a la formación de la CP3, posee una parte de la variación

explicada en este eje. Barker, Chu y Korte (1989), al trabajar con ryegrass y utilizando ACP, encontraron que la CP2 fue un contraste entre la densidad de retoños y la relación peso de la hoja/peso total de los retoños (%), lo cual le hizo sugerir que la competencia entre las plantas, como ocurre cuando existen altas densidades de retoños, probablemente reduce la relación entre las hojas y el peso total del rebrote, por lo que esta componente fue interpretada por dichos autores como un indicador de competencia. Aunque en el presente trabajo no se investigó precisamente este fenómeno, es posible asumir que sucedió algo parecido, pues las hojas fueron más estrechas y más cortas tanto en los nuevos retoños como en otros formados con anterioridad, los que se manifestaban débiles, quizás como producto de la competencia y a causa de las condiciones estresantes del período en que se produce esta alta formación de retoños.

El segundo eje (CP2) fue explicado fundamentalmente por los vástagos muertos y sus relaciones (Vm/D y Vm/m^2) y por la relación Vv/Vm , que operó en sentido contrario (figura 3.2). Este eje, por su connotación, pudiera ser interpretado como una componente de la inestabilidad de la macolla o de la senescencia de los vástagos. Sin embargo, de acuerdo con el valor de la varianza que extrajo esta componente (24,1 %), pudiera deducirse que el peso que tuvieron estas variables estructurales fue marcadamente menor que el de las variables a las que se hizo referencia con anterioridad. Ello significa que en los momentos de mayor adversidad, cuando el número de vástagos muertos y su densidad (por macolla y por m) adquiere los valores máximos, estos no hacen peligrar la integridad de la macolla y el pastizal, independientemente del efecto que pudiera provocar el manejo y las condiciones edafoclimáticas, lo que constituye una característica muy favorable de esta especie si se le compara con otras gramíneas tropicales en las que se manifiesta un alto grado de deterioro cuando las condiciones les son adversas. El contraste entre Vv/Vm con Vm y sus relaciones (Vm/D y Vm/m^2) es lógico, ya que un aumento del cociente Vv/Vm , significa un aumento de su numerador.

A la CP3, con un bajo porcentaje de la varianza total (12,2 %), contribuyó eficazmente el número de macollas y en mucha menor escala la longitud de la hoja, lo cual es una consecuencia de la poca variación que sufrió Nm con relación a la varianza total. Dado el valor que alcanzó la r^2 del Nm , esta componente pudiera interpretarse como un eje indicador de la densidad de la población, la cual no parece perjudicar, hasta este momento, las dimensiones foliares (en este caso Lh), debido quizás al amplio espaciamiento que existió entre las macollas de esta área, es decir, 1,11 macollas/ m^2 .

Algo similar sucedió con la CP4, cuya contribución a la varianza fue extremadamente pequeña y en la que el indicador que más contribuyó (el diámetro) mantuvo relaciones muy bajas con algunos de los restantes indicadores, a lo cual ya se hizo alusión.

Todas las manifestaciones que caracterizaron tanto a la dinámica como a las relaciones establecidas entre los indicadores y su participación en la variación estructural, reflejan la forma en que evolucionaron estos procesos a través del tiempo, bajo la influencia del ambiente (incluyendo el manejo) y como consecuencia de la respuesta que manifiesta esta especie en función de sus atributos genotípicos. Sin embargo, hasta ahora se desconoce por completo la cuantía y el momento en que se expresan dichas fluctuaciones y relaciones y, por otra parte, sus posibles causas.

De los resultados expuestos (tablas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5), se deduce que en sentido general las épocas y el año tuvieron un efecto de terminante en la expresión de estos cambios en los indicadores, condicionado por la influencia ejercida por el clima y el contexto del manejo impuesto; mientras que la frecuencia de pastoreo (tabla 4.6) solo modificó la respuesta de algunos de ellos, pero de forma positiva.

A continuación se expondrán las particularidades acontecidas, en las que se tomará en consideración las relaciones mutuas entre indicadores, el ámbito en que se producen, sus posibles causas, las relaciones que pueden tener con la agrobiología de esta especie y las connotaciones prácticas que de ellas se derivan.

La producción de vástagos vivos y su posterior senescencia en los pastos perennes, independientemente de su zona de origen, es un proceso biológico que se manifiesta de forma constante e intermitente, siempre que no existan limitaciones de energía, agua y nutrientes y estas se mantengan en cantidades suficientes y acordes con las exigencias de cada especie o cultivar en particular y no interfieran otros agentes de carácter externo o interno capaces de alterar este fenómeno biorrímico natural.

La productividad del pasto depende, en gran medida, de la habilidad de la planta para iniciar el retoñamiento y la producción de nuevos vástagos y más tarde del desarrollo de estos brotes (Laude, 1972). Además, se ha evidenciado que la cantidad de biomasa presente en un pastizal puede ser considerada como un balance entre la creación de MS y la senescencia (Lemaire, 1991).

En este trabajo se comprobó que el mayor número de retoños o vástagos vivos, así como su mayor densidad por unidad de diámetro, se alcanzó durante la época de seca y, de modo particular, la correspondiente al segundo año de explotación; esto se reflejó en la lluvia

posterior, en la que se encontraron valores similares (tabla 4.1). Si además se analizan los efectos que producen la época y el año sobre los vástagos muertos y sus relaciones con el diámetro, se encuentra un patrón similar al anterior, es decir, los máximos valores de senescencia en el período de escasas precipitaciones (tabla 4.2). Ello indica que la dinámica de ambos procesos se efectúa en este período del año, lo cual tiene su explicación en la biología de la especie. En *A. gayanus* el retoñamiento se produce a medida que los tallos vegetativos y reproductivos elongados son consumidos o envejecen y mueren después de florecer (proceso que prepondera en este pasto incluso bajo condiciones de pastoreo severo) y son sustituidos rápidamente durante la época de seca por un prolífero y vigoroso retoñamiento que toma lugar, precisamente, en este adverso período. El retoñamiento se produce a partir de las yemas que se encuentran en la corona de la macolla (parte basal de los tallos) y en los abundantes rizomas cortos presentes en esta especie, cuyas reservas, junto a las de otras partes de la planta, pueden ser utilizadas (Youngner, 1972; Huus, Bemardón, Anderson y Brun, 1986).

De acuerdo con estas consideraciones, es factible plantear que existen varios factores fundamentales que favorecen la formación de los retoños: a) extremo, que es la presencia de los animales, los cuales en alto número estimularon su desarrollo, debido a que consumen tallos vegetativos elongados y reproductivos con bajo índice de madurez, con lo que se produce una redistribución de los asimilados hacia los retoños jóvenes (Mathew, Xia, Hodgson y Chu, 1989); además, ayudan a partir e incorporar los vástagos elongados y florecidos no utilizados, con lo que se favorece la entrada de luz a la base de la macolla y con ello el retoñamiento (Hodgson, 1990); b) internos o intrínsecos de la planta, que no son más que la producción de nuevos retoños al cesar el efecto de dormancia apical que ejercen los vástagos sobre las yemas laterales (Gooding, 1972; Ogden, 1980) y el efecto positivo de los fotoperíodos cortos y la amplitud de temperaturas (propios de esta época) sobre el retoñamiento (Aamund, 1989).

A estos efectos, también se puede agregar el beneficio que ejerce la remoción de las hojas cosechadas por los animales, ya que estas ejercen un efecto inhibitorio dominante sobre las yemas basales. En tal sentido, Ramírez (1993) al estudiar el efecto del N y el momento de emergencia de los retoños sobre los componentes de la producción de semillas de *Digitaria eriantha* cv. Premier, encontró que la tasa más alta de emergencia de retoños observada después del corte, estuvo asociada con la remoción de las hojas, ya que muchos ápices de esta especie están muy cerca de la superficie del suelo y no son removidos. Ello fue atribuido

por este autor a dos razones principales: 1) que las auxilias, las cuales inhiben la síntesis y utilización de la citoquinina (hormona que estimula el desarrollo de las yemas), son producidas no solo por el meristemo apical, sino también por las hojas, por cuanto la remoción de estas puede conllevar a una menor producción de auxinas para inhibir la citoquinina según Murphy y Briske (citados por Ramírez, 1993); y 2) que la remoción de las hojas permite la entrada de la luz a la base de la planta y con ello aumenta la producción de retoños.

Partiendo de dichas premisas, es posible formular dos variantes prácticas para el manejo durante este período; la primera consiste en introducir los animales en el cuartón con altas cargas, tan pronto como se verifique la presencia de tallos elongados que pasarán a fase reproductiva relativamente rápido, lo cual ocurre a finales de octubre y el inicio de noviembre y luego se repite de nuevo en febrero. En este caso el punto óptimo, de acuerdo con la biomasa existente, no cumple su cometido, debido a que la producción de MS es escasa en esta etapa fenológica y los animales solo podrán consumir una gran cantidad de material que ya comienza a secarse, así como tallos que aún no poseen altos valores de FB (los que son consumidos hasta una altura donde el grosor es prácticamente de 1,0 cm, de acuerdo con las observaciones de campo), y, además, las hojas más verdes de las partes más altas de estos vástagos. Con ello se logra catalizar el retoñamiento, de acuerdo con lo ya discutido y sin perjudicar los nuevos retoños, cuyos puntos de crecimiento (aun en etapas muy avanzadas como 42 y hasta 56 días) están en su mayoría (del 35 al 65 %) por debajo de 1,0 cm (Gomide, 1989). La segunda variante será aplicada a los cuartones en los que el pasto, necesariamente, pasó a la etapa reproductiva (los cuales representan más del 95,0 % de los tallos elongados) y consiste en cosechar la semilla cuando todos los tallos formados se encuentran en la fenofase oportuna, con lo que se posibilita lograr una buena cosecha de semillas y el efecto deseado sobre el volumen y el vigor del retoñamiento subsecuente.

Un elemento muy interesante en *A. gayanus* es su forma de comportamiento. Muchas especies tropicales retoñan y se ramifican profusamente en las etapas de altas temperaturas, alta luminosidad o energía radiada y abundantes precipitaciones, y sus retoños mueren al año de formarse (Dudar, 1973). Sin embargo, en esta especie, como quedó demostrado, se produce un profuso retoñamiento, que puede variar entre 85 y más de 200 retoños, fundamentalmente a nivel de la base de la macolla o en yemas muy próximas al suelo (y prácticamente sin ramificarse), precisamente en el período de menor intensidad lumínica, menor abundancia de agua, bajas temperaturas y alto grado de evaporación (tabla 2.1). Ello

da muestras de la alta capacidad adaptativa de esta gramínea, asociada quizás a su eficiente utilización de la humedad (Faría, Arriola, Chacón, Berrotarán y Chacón, 1987) y sus posibilidades de mantenerse por encima del nivel crítico de potencial hídrico foliar (-21 bars) bajo condiciones de déficit hídrico foliar (Machado, Souza, Moreno y Alvim, 1983), con lo que supera a *P. maximum* var. *trichoglume*, en la que se produce un notable incremento de la mortalidad de las hojas cuando el potencial de agua cae por debajo de 15 bars (Ludlow, citado por Tumer y Begg, 1978).

Esta alta producción de retoños, más los que mueren en este período, se reflejaron, consecuentemente, en la cantidad de vástagos totales y sus relaciones (tabla 4.3), pero con una atenuante para los vástagos muertos, ya que las medias de estos para los períodos lluvioso y poco lluvioso solo representaron el 11,8 y el 22,1 % del total, y las medias de su densidad (por diámetro) el 12,6 y el 21,9 % en estas épocas, respectivamente, con preponderancia del número de vástagos vivos, lo que corrobora en términos cuantitativos los aspectos ya discutidos sobre la estabilidad estructural y morfológica mantenida bajo estas condiciones. Por ello, no es casual encontrar un patrón de comportamiento muy similar entre el número y la densidad de vástagos vivos por unidad de diámetro, al que se encontró para estos mismos indicadores con el total correspondiente, aunque la diferencia de este patrón en la época poco lluviosa del tercer año estribó en el aumento significativo que experimentaron los vástagos muertos.

El comportamiento de la densidad de vástagos vivos (V_v/m^2) y totales (V_t/m^2), cuyos valores más altos se produjeron en la lluvia del tercer año, obedeció al valor significativamente superior encontrado para el número de macollas/m durante ese período del año (tabla 4.4). Sin embargo, la densidad de vástagos muertos por unidad de superficie no manifestó este comportamiento, debido a que el máximo valor de la densidad de vástagos muertos y su densidad por unidad de diámetro, se encontró en la época poco lluviosa y aun cuando fue inferior el número de macollas/m promedio en estos 3 años, preponderaron los primeros, por cuanto el producto de ambos se hizo superior durante la sequía. Ello significa que la mayor densidad de vástagos muertos por unidad de área en el pastizal siempre se encontrará en el período de escasas precipitaciones, pero acompañado en el estrato inferior de la macolla por una abundante masa de nuevos retoños; mientras que el mayor volumen de biomasa viva por unidad de área se encontrará en la época de abundante precipitaciones con el desarrollo y crecimiento de estos últimos. Por ello, no será paradójico encontrar en ciertos momentos del período de sequía un estrato inferior de la macolla con alta proporción de hojas, las

cuales se deben a los retoños en constante crecimiento durante este adverso período del año.

Una de las posibles causas de que la mayor cantidad de vástagos vivos y totales (y sus respectivas relaciones con el diámetro) se manifestara en la época de seca del segundo año, puede estar relacionada con el manejo. En su tesis sobre los cambios e interacciones de la composición botánica, el rendimiento y la calidad de tres pastos. Blanco (1986) argumentó que los pastizales constituyen entes biológicos definidos de crecimiento y desarrollo continuo, por lo que es lógico considerar que una etapa de su vida tenga efecto sobre la siguiente, lo cual comprobó con sus resultados. También Krause y Moser (1977) plantearon que el efecto de la defoliación en una estación sobre la producción del verano siguiente, mostró ser muy importante y que esta depende mucho de la localización de los ápices del tallo y de la etapa de desarrollo de las nuevas y emas-retoño; mientras que Seguí (1987) encontró la existencia de un efecto residual en el comportamiento de los individuos manejados en el tercer año cuando invirtió el manejo efectuado hasta ese momento, ya que los clones de guinea evaluados en ese año respondieron según el manejo que recibieron durante los dos primeros años.

Si se parte de los resultados expuestos, es factible que el retoñamiento durante el período de seca del segundo año pudo estar muy influenciado por la fuerte intensidad con que fue pastada el área durante la lluvia anterior, en la que el follaje fue removido en un mayor número de ocasiones y más eficientemente, debido a la utilización de menores tiempos de descanso (28 días), lo que pudo favorecer el incremento del número de retoños subsecuentes, posibilitado por los beneficiosos efectos que tiene la remoción de vástagos sobre el retoñamiento. No es casual que en la seca del tercer año se encontrara un menor número y una menor densidad de vástagos vivos. Si se toma en consideración las pocas ocasiones en que fue pastoreado en la lluvia anterior y en esta, se justifica tal conducta como un efecto contrastante al comportamiento anterior.

Con anterioridad se mostró que el diámetro de la macolla mantuvo cierta relación con la cantidad de vástagos (tabla 3.2) y que este no presentó altos valores; mientras que en el ACP (tabla 3.3) no se manifestó una relación determinante entre este y los restantes indicadores, lo cual se explicó por el hecho de que una mayor cantidad de vástagos de cualquier naturaleza no siempre equivale a un aumento de este indicador. Los resultados de la tabla 4.4 confirman esta realidad, ya que no se observó interacción época x año, como ocurrió con los vástagos vivos y muertos, y por ello, no se produjo un cambio estacional en el

diámetro de la macolla desplazado hacia una u otra época del año, lo cual habría de esperarse de existir una alta relación entre estos indicadores. En su lugar, se manifestó un efecto de los años (particularmente en el tercero) y un efecto también significativo en los valores medios de la época de seca con relación a la época de lluvia, pero con un valor absoluto muy discreto, motivado precisamente por la alta cantidad de vástagos (vivos y muertos) que se encontró hacia esa etapa (tabla 4.4).

Este resultado indica que los cambios estructurales a nivel del pastizal, motivados por el componente diámetro de la macolla como fiel indicador de la cobertura (en el caso de estas especies de hábito macoloso), se produjeron al menos bajo estas condiciones y para esta especie, a través de los años, y en los que la época con valor puntual no juega un papel tan marcado como en los restantes componentes estructurales y morfológicos, que muestran por el contrario un gran dinamismo estacional. Ello confirmó también el por qué de la escasa variabilidad encontrada en este indicador (tabla 3.3). Los resultados esbozados por Williams (1970), demostraron que los estimados del área basal y la densidad en *Danthonia caespitosa* no mostraron diferencias entre los tratamientos pastados y que solo se manifestó un efecto significativo sobre la contribución hecha por la edad durante los primeros años de manejo, lo cual fue confirmado en los 10 años posteriores; este autor encontró además, mayor supervivencia en los tratamientos pastados que en los protegidos del pastoreo. No obstante, fue patente el incremento del diámetro, incluso con esta alta intensidad de pastoreo, lo que contrasta en cierto modo con los resultados hallados por Hernández, Carballo, García-Trujillo, Mendoza y Robles (1992), quienes encontraron un efecto deprimente de la carga sobre el diámetro de la macolla en *P. maximum* cv. Likoni al estudiar el efecto de tres ofertas: 15, 35 y 55 kg de MS/vaca/día, con valores de 22,9; 26,6 y 29,5 cm para estas ofertas, las que se correspondieron con intensidades de pastoreo de 169, 77 y 55 UGM/ha respectivamente; ello quizás pueda interpretarse como una respuesta específica entre ambos pastos pero obtenida en condiciones muy distintas en cuanto a manejo y fertilización.

El comportamiento de la relación vástagos vivos/vástagos muertos, con un efecto significativo en la época de lluvia del tercer año, es atribuible, por una parte, al número de nuevos retoños que se manifestaron en esa época y, por otra, a los bajos valores en función de los retoños muertos que se produjeron durante ese mismo período. Sin embargo, la alta proporción de vástagos vivos por cada vástago muerto existente, como media del período lluvioso (8,69), no debe tomarse como una manifestación de lo que ocurrió en esas épocas, sino como un reflejo de lo que acontece durante los períodos

precedentes, y a que los nuevos retoños formados en el año anterior o quizás en años anteriores mueren durante estos períodos, por cuanto aparentemente decrece la media de los mismos (3,64). No obstante, es muy alentador que en este pasto la relación Vv/Vm se mantuviera con valores medios en crecimiento de un año a otro y alcanzara cocientes por encima de 6,1 como promedio de ambas épocas, en función de las medias estacionales. Este cociente fue muy superior al manifestado por el bufel a nivel de los retoños basales, cuya media fue de 2,2 vástagos vivos por cada uno de los que murió durante estos años (Machado, R., inédito), aunque en esta especie la máxima capacidad de retoñamiento depende, fundamentalmente, de las yemas aéreas localizadas en puntos superiores de los ejes principales. No obstante, a nivel basal, este pasto manifestó un desplazamiento del equilibrio hacia el deterioro de la macolla.

Los profundos cambios estacionales observados en las dimensiones de la hoja eran de esperar, ya que esta constituye uno de los componentes del pasto que más varían como producto de la influencia ejercida por el manejo y el clima (particularmente por las temperaturas). En este sentido, Holmes (1980) plantea que las hojas producidas sobre un retoño se incrementan en tamaño bajo las condiciones ambientales existentes, en las que las temperaturas crecientes juegan un papel fundamental en el incremento de la longitud y el área y que, excepto con limitaciones severas, la reducción de la intensidad de la luz tiene el mismo efecto. En el presente trabajo se observó esta marcada tendencia estacional, en la que ambas dimensiones fueron siempre significativamente superiores durante el período lluvioso, cuando las temperaturas fueron mucho más altas, así como la humedad (tabla 2.1), lo que propició la expansión foliar de los retoños formados durante la época precedente en la que se mantuvieron finas y cortas.

De acuerdo con todo lo discutido, es evidente que existió un marcado efecto de la época y el año sobre las variaciones de estos importantes elementos que intervienen en la composición morfológica y estructural del pasto bajo este contexto ambiental. Es por ello que cabría cuestionarse el efecto que pudo provocar el manejo sobre dichos elementos, independientemente de la época. De esta forma, la reorganización de la información en este sentido y su análisis casuístico (tabla 4.6), permitió comprobar que el diámetro de la macolla, las dimensiones de la hoja, la densidad de macollas por unidad de área y el número de vástagos muertos y sus relaciones, no fueron afectadas significativamente en ningún sentido cuando los cuartones fueron pastados con estas altas intensidades en un mayor o menor número de ocasiones en el mismo período. Ello significa que las variaciones de estos

elementos fueron causadas por un efecto en el que la estacionalidad y el año jugaron un papel predominante, como se discutió y demostró con anterioridad; mientras que el número de vástagos vivos y totales y todas sus respectivas relaciones, fueron significativamente superiores cuando el pasto fue rotado un mayor número de veces; ello indica que con frecuencias más cortas se originó un beneficioso estímulo sobre el retoñamiento, lo cual se debe patentizar siempre que la defoliación producida por el animal no dañe los puntos de crecimiento para el subsiguiente rebrote o debilita e incluso perjudique las yemas y yemas-retoño potencialmente aptas para el nuevo retoñamiento. Estos resultados ayudan a explicar o confirman quizás la interacción estacional observada durante los periodos poco lluvioso y lluvioso del segundo y tercer año, respectivamente, con respecto al comportamiento de los vástagos vivos y totales, como una consecuencia del aumento de la frecuencia de pastoreo, proceso muy análogo al que ocurrió al reorganizar y analizar lo ocurrido con los cuarterones más frecuentemente pastados.

En términos generales, este estudio demostró que los caracteres morfológicos y estructurales de *A. gayanus* manejado bajo un sistema rotacional racional en el que se emplearon altas cargas instantáneas, sufren una significativa y dinámica variación bajo este estatus, en la que la estacionalidad y también el propio manejo jugaron un papel muy importante. Estos cambios, lejos de traducirse en síntomas de deterioro, motivaron una expresión cuantitativa muy favorable en este pasto en términos tan importantes en la estabilidad del pastizal, como son aquellos encargados de mantener la integridad de la macolla: el retoño como unidad básica y sus componentes.

Además este trabajo reveló la importancia que puede tener el conocimiento de aquellos intrínsecos relacionados con el retoñamiento y de la habilidad de la especie para retoñar, es decir, la forma, el momento y la cuantía en que este proceso se lleva a cabo y las relaciones que guardan los componentes del retoño en el contexto gobernado por la biología particular de la especie y las que emanan del ambiente en que estas se desarrollan. Tales aspectos, de ser manejados de una forma juiciosa y técnica, permiten contribuir, junto con los de otras disciplinas, a la mejora de la vida útil del pastizal con un máximo de productividad y persistencia.

CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones ambientales existentes y con un manejo rotacional racional, *A. gayanus* CIAT-621 fue capaz de soportar altas cargas instantáneas sin manifestar evidencias de deterioro en función de los indicadores morfológicos y estructurales del pasto y el pastizal aquí estudiados.
- La respuesta al estado ambiental y de manejo en esta especie, condujo a una alta expresión de la variabilidad morfológica y estructural, cuyo valor más elevado estuvo identificado con aquellos indicadores que determinan la estabilidad de la macolla y el pastizal.
- Se detectó un incremento discreto pero progresivo de la población, lo que se justifica por la posibilidad que posee esta especie de diseminarse bajo condiciones de pastoreo intensivo.
- El fenómeno del retorcimiento estuvo relacionado con el período de escasez de precipitaciones y se produjo prácticamente simultáneo al proceso de consumo y/o muerte de los vástagos elongados, en el que los animales pueden jugar un papel estimulador. Este proceso se caracterizó por una tasa de reposición 6 veces superior a la tasa de senescencia.
- La expresión cuantitativa de la mayoría de los indicadores y sus relaciones, estuvieron gobernadas por la estacionalidad acorde con la biología particular de esta especie. Sin embargo, el manejo, analizado de forma particular, ejerció un efecto beneficioso en aquellos cuartones que fueron rotados en un número mayor de ocasiones en un período determinado.

RECOMENDACIONES

- En condiciones similares a las aquí presentes, explotar *A. gayanus* CIA T-621 mediante pastoreo rotacional racional con altas cargas instantáneas durante todo el año, con lo que no se produce deterioro alguno de los componentes morfológicos y estructurales del pasto y el pastizal.
- Buscar una alternativa de manejo que permita la rotación del mayor número posible de cuartones (en punto óptimo) durante el período lluvioso, con el fin de potenciar el retoñamiento durante el período seco siguiente, ya que el pasto lo admite.
- Durante el período de escasas precipitaciones, en el que la disponibilidad es baja, sincronizar el plan de rotación de forma tal que permita a los animales hacer una mejor utilización del pasto que arriba a la fenofase reproductiva o, en última instancia, hacer un aprovechamiento de esta última, con lo que se beneficiará el retoñamiento.
- Tomar en consideración estos índices morfológicos y estructurales como elementos prácticos para la consecución de un manejo efectivo en términos de la productividad y perdurabilidad del pastizal.
- Continuar esta línea de estudio en esta y otras especies tropicales importantes, para los sistemas actuales de producción ganadera, con el objetivo de aumentar y profundizar los conocimientos por la importancia tanto teórica como práctica que revisten.

REFERENCIAS

- AAMLID, T.S. 1989. Vegetative growth and development of norwegian *Poa pratensis* L. ecotypes as influenced by temperature and photoperiod. Proc. XVI Int. Grassld. Cong., Nice. p. 447
- ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA. 1979. Clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. La Habana, Cuba
- ALFONSO, A.; HERNÁNDEZ, C.A. & BATISTA, O. 1988. Estudio del efecto de la carga y la especie de pasto sobre el comportamiento de añejos en pastoreo. I. Incorporados a inicios del período de lluvia. *Pastos y Forrajes*. 11:171
- ALONSO, O. & DOCAZAL, J. 1994. Evaluación de plagas y enfermedades en un sistema de pastoreo intensivo para la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 13:231
- ANÓN. 1971. Memoria Anual. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- ANÓN. 1987. Nuevas variedades comerciales de pastos y forrajes registradas en Cuba. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 63 p.
- ANÓN. 1989. Instructivo técnico para la explotación del *Andropogon gayanus* cv. CIAT-621. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 6 p.
- AYALA, A. & BASULTO, J.A. 1993. Pasto llanero para el mejoramiento de la ganadería extensiva de la zona henequenera. INIFAP-SARH. Campo Experimental Zona Henequenera. Folleto Técnico No. 4. 15 p.
- AYALA, A.; PERALTA, A. & AVILES, W. 1993. Manejo de *Andropogon gayanus* en la zona Henequenera de Yucatán, México. *Pasturas Tropicales*. 15 (2):22
- BARKER, D.J.; CHU, A.C.P. & KORTE, C.J. 1989. Ryegrass herbage yield components and their response to water deficit stress. Proc. XVI Int. Grassld. Congr., Nice. p. 503
- BELYUCHENKO, I.S. 1977. Features of regrowth of paniculate and eragrostoid perennial grasses. Proc. XIII Int. Grassld. Congr., Leipzig, p. 193
- BERROTERAN, J.L. 1989. Respuesta de *Andropogon gayanus* y *Digitaria swazilandensis* a la fertilización en los Llanos Centrales de Venezuela. *Pasturas Tropicales*. 11 (3):2
- BLANCO, F. 1986. Cambios e interacciones de la composición botánica, el rendimiento y la calidad en tres pastos tropicales. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. Escuela Superior de Agricultura de Praga. Checoslovaquia. 175 p.

- BOWDEN, B.N. 1963. The root distribution of *Andropogon gayanus* var. *biscuamulatus*. *East African Agricultural and Forestry Journal*. 29:137
- BOWDEN, B.N. 1964. Studies on *Andropogon gayanus* Kunth. 3. An outline of its biology. *Journal of Ecology*. 52:255
- BROWN, DOROTHY. 1963. Methods of surveying and measuring vegetation. Commonwealth Agricultural Bureaux. England. 233 p.
- CASTILLO, J. & RIVAS, F. 1992. Respuesta productiva del zacate llanero a densidades y métodos de siembra en Yucatán. Resúmenes IX Seminario Científico Nacional y I Hispanoamericano de Pastos y Forrajes. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 92
- CIAT. 1981. Informe. Cali, Colombia. 124 p.
- COSENZA, G.W. 1982. Resistance in grasses to the pasture spittlebugs (*Deois flavopicta*, Stal, 1854).
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuaria dos Cerrados. *Boletim de Pesquisa*. (10):15
- COSENZA, G.W. 1985. O controle integrado das cigarrinhas das pastagens. Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, Colombia. Vol. 2, p. 1177
- CHAPMAN, D.F. & LEMAITRE, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proc. XVII Int. Grassld. Congr. Palmerston North-New Zealand
- CHARLES, A. H. & HAGGAR, R.J. (Eds.). 1978. Change in sward composition and productivity. Occasional Symposium No. 10. British Grassland Society. 253 p.
- DUDAR, Y. 1973. Ritmo estacional, ramificación y morfogénesis de pastos tropicales en Cuba. EEPF "Indio Hatuey". Series Técnico Científicas A-4. p. 18
- DURU, M. 1989. Variability of leaf area index extension rate on permanent grasslands. Proc. XVI Int. Grassld. Congr., Nice. p. 501
- EGUIARTE, J.A. & GONZÁLEZ, A. 1992. Potencial de producción de semilla de pastos en la costa del Pacífico. Resúmenes. IX Seminario Científico Nacional y I Hispanoamericano de Pastos y Forrajes. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 86
- ESTEVEZ, ANA & GONZÁLEZ, MARÍA, E. 1988. Correlaciones y coeficiente de s endero en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*. 10 (3):74
- FARIA, M.J.; ARRIOJA, J.; CHACÓN, E.; BERROTERAN, J.L. & CHACÓN, F. 1987. Efecto del corte y la aplicación de nitrógeno en el crecimiento de *Andropogon gayanus*. *Pasturas Tropicales*. 9 (3):2

- FERGUSON, J.E. 1981. Perspectivas da produção de sementes de *A. gayanus*. *Revista Brasileira de Sementes*. 3:175
- FERNANDEZ, J.M.; RÍOS, C.; ARTEÁGA, O. & AVILA, A. 1990. Desarrollo de ojos y producción de leche en pastizales de gramíneas puras y asociadas con leguminosas. Resúmenes. VI Reunión ACPA. La Habana, Cuba. p. 1
- FRANKOW-LINDBERG, B.E. 1993. Effects of population height and time of initial defoliation on regrowth components in a *Poa pratensis*-dominant sward. Proc. XVII Int. Grassld. Congr. Palmerston North-New Zealand
- GARCÍA, D.A. & FERGUSON, J.E. 1984. Cosecha y beneficio de la semilla de *Andropogon gayanus*. Guía de estudio. CIAT. Cali, Colombia. 35 p.
- GARCIA-TRUJILLO, R. 1980. Utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. *Pastos y Forrajes*. 3:503
- GARCIA-TRUJILLO, R.; MUÑOZ, E. & FRAGA, L.M. 1993. Bases para una ganadería sostenible en el trópico. VI Reunión de Avances en Investigación Agropecuaria Trópico'93. Universidad de Colima, México. Magistral B. p. 10
- GÓMEZ, L. & PARETA S, J.J. 1978. Efecto de la frecuencia de corte y la fertilización nitrogenada sobre la composición botánica de cuatro gramíneas tropicales. *Pastos y Forrajes*. 1:277
- GOMIDE, J.A. 1989. Morphological and physiological growth aspect of three tropical grasses. Proc. XVI Int. Grassld. Congr., Nice. p. 481
- GONZÁLEZ, MARÍA E.; IGLESIAS, LOURDES; PINO, MARÍA DE LOS A.; CABALLERO, A. & REINALDO, J. 1987. Estudio de correlaciones y coeficiente de sendero en soya (*Glycine max* (L.) Merrill) en época de invierno y verano. *Cultivo Tropicales*. 9 (4):33
- GONZÁLEZ, YOLANDA & MENDOZA, F. 1992. Determinación del momento óptimo de cosecha a las semillas de *Andropogon gayanus* CIAT-621. *Pastos y Forrajes*. 15:33
- GOODING, J.R. 1972. Chemical regulation of growth in leaves and tillers In: The biology and utilization of grasses (Eds. Youngner, V.B. & McKell, C. M.). Academic Press. New York. p. 135
- HERNÁNDEZ, D.; CARBALLO, MIRTA; GARCIA-TRUJILLO, R.; MENDOZA, C. & ROBLES, F. 1992. Estudio del manejo de *Panicum maximum* cv. Likoni para la producción de leche. IV. Respuesta animal y comportamiento del pastizal. *Pastos y Forrajes*. 15:249

- HERNÁNDEZ, D.; CARBALLO, MIRTHA; GARCIA-TRUJILLO, R.; MENDOZA, C.; ROBLES, F. & FUNG, CARMEN. 1989. Estudio del manejo de *Panicum maximum* cv. Likoni para la producción de leche. I. Variaciones en su estructura. *Pastos y Forrajes*. 12:163
- HERNÁNDEZ, D.; HERNÁNDEZ, I.; HERNÁNDEZ, C.A.; CARBALLO, MIRTHA; CARNET, R.; MENDOZA, R.; MENDOZA, C. & RODRÍGUEZ, N. 1992. Ceba de bovino s con *Andropogon gayanus* CIAT-621 complementado con un banco de proteína de *Leucaena leucocephala* y *Neonotonia wightii*. *Pastos y Forrajes*. 15:153
- HERNÁNDEZ, I.; MATÍAS, C.; HERNÁNDEZ, R.; RUÍZ, F. & ROLO, R. 1993. Comportamiento de asociaciones de gramíneas y leguminosas en el suroeste de Matanzas. *Pastos y Forrajes*. 16:243
- HERNÁNDEZ, L. & BLANCO, F. 1992. Estudio de la biomasa subterránea en cinco especies de pasto de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Resúmenes. IX Seminario Científico Nacional y I Hispanoamericano de Pastos y Forrajes. Estación Experimental "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 230.
- HERNÁNDEZ, MARTA. 1986. Estudio de la fertilización fosfórica en pasto guinea en suelo Ferralítico Rojo. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias Agropecuarias. ICA-ISCAH, La Habana. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 129 p.
- HERNÁNDEZ, MARTA & CÁRDENAS, M. 1991. Efecto de la fertilización en el establecimiento de una asociación de *Andropogon gayanus* CIAT-621 y *Teramnus labialis* cv. Semilla clara en un suelo calcáreo. *Pastos y Forrajes*. 14:157
- HERNÁNDEZ, MARTA; MESA, A.R.; REYES, F. & CÁRDENAS, M. 1992. Efecto de la fertilización en el establecimiento de *Andropogon gayanus* cv. CIAT-621. I. Suelo Carbonático típico. *Pastos y Forrajes*. 16:173
- HODGSON, J. 1985. The significance of sward characteristics in the management of temperate sown pastures. Proc. XV Int. Grassld. Congr., Kyoto. p. 63
- HODGSON, J. 1990. The grazed sward. In: Grazing management. Science into practice. Longman Group. UK. p. 6
- HOLECHEK, J.L.; PIEPER, R.D. & HERBEL, C.H. 1989. Range plant physiology. In: Range management. Principles and practices. Dept. of Animal and Range Sources. New Mexico State University. Las Cruces, p. 134
- HOLMES, W. 1980. Herbage production: grasses and leguminous forage crops. In: Grass, its production and utilization. Blackwell Scientific Publication, UK. p. 6

- HUSS, D.L.; BERNARDON, A.E.; ANDERSON, D.L. & BRUN, J.M. 1986. Nutrición de plantas y pastizales. En: Principios de manejo de praderas naturales. INTA, Argentina RLAC, Chile. p. 83
- IGLESIAS, J.M.; MILERA, M. LAGROS & GONZÁLEZ, YOLANDA. 1995. Producción de semillas de *Andropogon gayanus* cv. CIAT-621 en potreros explotados de forma tradicional e intensiva. Co-secha post-pastoreo. Resúmenes Taller Internacional Producción de Semillas de Pastos para el Trópico. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 21
- ISMAIL, C. 1987. Análisis de correlaciones y coeficiente de sendero en arroz (*Oryza sativa*) de ciclo corto. *Cultivos Tropicales*. 9 (3):34
- ITO, M.; TSUBOTA, Y. & NAKAYAMA, S. 1985. Patterns of tillering and tiller bud development of some temperate herbage grasses under different light intensities. Proc. XV Int. Grassld. Congr., Kyoto. p. 391
- JONES, C.A. 1979. The potential of *Andropogon gayanus* Kunth in the Oxisol and Ultisol savannas of Tropical América. *Herb. Abst.* 49:1
- KIM, G.S. & CHANG, N.K. 1985. Branching geometry and effective leaf area of spreading herbs, the crabgrass and the Korem Lawn. Proc. XV Int. Grassld. Congr., Kyoto. p. 387
- KRAUSE, J.W. & MOSER, L.E. 1977. Tillering in irrigated smooth bromegrass (*Bromus inermis* Leyss.) as affected by elongated tiller removal. Proc. XV Int. Grassld. Congr., Leipzig. p. 189
- KOSAKI, T.; WASANO, K. & JUO, A. S.R. 1989. Multivariate statistical analysis of yield determining factors. *Soil Sci. Plant Nutr.* 35 (4):597
- LANGER, R.H.M. 1963. Tillering in herbage grasses. *Herb. Abst.* 33:141
- LAUDE, H.M. 1972. External factors affecting tiller development. In: The biology and utilization of grasses (Ed. Youngner, V.B. & McKell, C.M.). Academic Press, New York. p. 147
- LEMAIRE, G. 1991. Productivité des peuplements prairiaux: caractérisation et diagnostic. *Fourrages*. 127:259
- McINTYRE, G.A. 1978. Statistical aspects of vegetation sampling. In: Measurement of grassland vegetation and animal production (Ed. L. 't Mannetje). Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Hurley, Berkshire, England. p. 8
- MACHADO, R. 1987. Diferentes tipos de pastizales. En: Introducción y mejoramiento de pastos. Apuntes para un libro de texto. MES. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 65

- MACHADO, R. 1994. Informe final al PPR 520 Selección de especies y cultivares en cuatro suelos de la provincia de Matanzas. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. (Mimeo)
- MACHADO, R.; DUDAR, Y.A. & ROCHE, R. 1976. Morfogenénesis (Microfenología) de los pastos en Cuba. II. Corte. EEPF "Indio Hatuey". Serie Técnico Científica A-14. 22 p
- MACHADO, R. & NUÑEZ, C.A. 1989. Variabilidad morfológica en soya y algunos caracteres que influyen sobre el rendimiento de forraje. *Pastos y Forrajes*. 12:209
- MACHADO, R.C.R.; MORENO, R.M.A. & ALVIM, P. de T. 1984. Produtividade das capims carimagua e coloniao durante dois ciclos de crescimento. *Revista Theobroma*. 14:229
- MACHADO, R.C.R.; SOUZA, H.M.F.; MORENO, M.A. & ALVIM, P. de T. 1983. Variáveis relacionadas com a tolerancia de gramíneas forrageiras ao déficit hídrico. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 18:603
- MATHEW, C.; XIA, J.X.; HODGSON, J. & CHU, A.C.P. 1989. Effect of late spring grazing management on tiller age profiles and summer-autumn pasture growth rates in a perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) sward. Proc. XVI Int. Grassld. Congr., Nice. p. 521
- MATÍAS, C.; PÉREZ, A.; GONZÁLEZ, YOLANDA & LÓPEZ, J.M. 1990. Influencia de distintos factores que inciden en la producción y calidad de la semilla de *Brachiaria decumbens* y *Andropogon gayanus*. Resúmenes. IV Reunión ACPA. p. 54
- MEJIA, M. 1984. Sinopsis descriptiva sobre *Andropogon gayanus*. En: *Andropogon gayanus* Kunth. Bibliografía analítica. CIAT. Cali, Colombia. 195 p.
- MENENDEZ, J.; VEGA, SUSANA & TANG, M. 1993. Comportamiento de leguminosas tropicales asociadas a *Andropogon gayanus* comparadas con cinco gramíneas sometidas a pastoreo y bajos niveles de fertilización. I. Suelo Ferralítico Rojo. *Pastos y Forrajes*. 16:13
- MESA, A.R. 1986. Estudio de algunos factores que influyen en la eficiencia de utilización del fósforo en *Panicum maximum* Jacq. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. Escuela Superior de Agricultura. Praga, Checoslovaquia. 158 p.
- MESA, A.R. 1990. Fotosíntesis. Conferencia. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. (Mimeo)
- MESA, A.R.; HERNÁNDEZ, MARTA; REYES, F. & AVILA, VIVIAN. 1988. Determinación de los niveles críticos de N, P y K, rendimiento de materia seca y composición química en *A. gayanus* cv. CIAT-621. *Pastos y Forrajes*. 11:235
- MESA, A.R.; LAJONCHERE, G. & AVILA, VIVIAN. 1992. Métodos para determinar el área foliar en *Panicum maximum* cv. Likoni. *Pastos y Forrajes*. 15:137

- MILERA, MILAGROS. 1991. Manejo y explotación de los pastos para la producción de leche. En: Memoria. Utilización de pastos y forrajes en la alimentación de rumiantes. Universidad Nacional Autónoma de México. FES. Cuautitlán, México
- MILERA, MILAGROS. 1991a. Pastoreo Racional Voisin para la producción de leche. IV Reunión de Avances Agropecuarios Trópico'91. Universidad de Colima, México, p. 205
- MINISTERIO DE LA AGRICULTURA. 1991. Manual para la aplicación del Pastoreo Racional Voisin (P.R.V.) y el manejo de los rebaños. La Habana, Cuba. 63 p.
- MORENO, R. M.A.; MACHADO, R.C.R. & SOUZA, H. M.F. 1983. Produção de quatro gramíneas forrageiras tropicais em condições de deficiência hídrica. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 12:357
- MOTT, J.J.; McKEON, G.K. & DAY, K.A. 1993. Prediction of plant mortality under grazing. A conceptual approach. Proc. XVII Int. Grassland Congr., Palmerston North-New Zealand
- MURGUEITIO, R. & PRESTON, T.R. 1997. Los sistemas sostenibles de producción como respuesta a la crisis de la producción pecuaria tropical. Serie de trabajos y conferencias No. 6. CIPAV. Colombia. 19 p
- NELSON, C.J. & SLEPER, D.A. 1977. Morphological character associated with productivity of tall fescue. Proc. XIII Int. Grassland Congr., Leipzig, p. 177
- NOJIMA, H.; FUKETA, S.; ISODA, A. & TAKASAKI, Y. 1989. Level of abscisic acid in lateral buds during regrowth of *Sorghum bicolor* M. Proc. XVI Int. Grassland Congr., Nice. p. 505
- NOJIMA, H.; OIZUMI, H. & TAKASAKI, Y. 1985. Effect of cytokinin on lateral bud development in regrowth of *Sorghum bicolor*. Proc. XV Int. Grassland Congr., Kyoto. p. 372
- OGDEN, P.R. 1980. Meeting the physiological requirements of a plant with grazing systems. In: Grazing management systems for southwest rangelands a symposium (McDaniel, K.C. & Allison, Ch., Eds.). Albuquerque, New México. p. 37
- OLAZABAL, N.; GUEVARA, R.; CURBELO, L. & SEVILA, W. 1990. Estudio de la producción de semillas de tres gramíneas en la zona de la cuenca lechera de Jimaguayú. Resúmenes. VIII Seminario Nacional Científico Técnico de Pastos y Forrajes. EEPF "In dio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 103
- OLIVERA, M. A.S.; GONCALVES, C.A. & ALVES, P.M.P. 1984. Brizantao, Toviata, Andropogon e Paspalum nativos, novas opções de gramíneas no controle de cigarrinha das pastagens em Rondonia. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Porto Velho. Comunicado Técnico No. 33. p. 11

- ORTIZ, MARÍA & LASCANO, C.E. 1988. Productividad animal bajo pastoreo en genotipos de *Andropogon gayanus*. Resúmenes. XI Reunión ALPA. La Habana, Cuba. p. 105
- PARETAS, J.J. 1969. Uso del N en pastos tropicales. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Dr. en Ciencias Agrícolas ICA-Universidad de La Habana. La Habana, Cuba. 255 p.
- PASSONI, F.; KELLER-GREIN, G. & HEURCK, M. van. 1990. Evaluación agronómica de germoplasma forrajero bajo sombra de una plantación de palma aceitera en Pucallpa, Perú. (Keller-Grein, G., Ed.). Reunión de la RIEPT. Amazonia 1. Lima, Perú. Vol. I p. 219
- PEREIRA, E.; LAMELA, L. & RIPOLL, J.L. 1990. Evaluación de pastos para la producción de leche. Guinea (Likoni y Común) y pasto estrella cv. Tocumen. *Pastos y Forrajes*. 13:67
- PHILIPPEAU, G. 1986. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. Service des Etudes Statistiques ITCF. Lusignan, France. 36 p.
- PINHEIRO, L.C. 19-. Pasto Racional Voisin. Palestra proferida no auditorio do Banco Uniao Comercial S.A. 28 p.
- RAMÍREZ, L. 1993. Effect of nitrogen supply and management on seed production of *Digitaria eriantha* Steud cv. Premier. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy in the University of Queensland. Australia. 227 p.
- REMY, V.A. & MARTÍNEZ, J. 1978. Efecto de la frecuencia, altura de corte y uso del riego en la bermuda cruzada-1 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). I. Composición botánica. *Pastos y Forrajes*. 1:95
- REYES, F.; RODRIGUEZ, O.; DOMÉCH, R.; CASTILLO, JANET & HERNÁNDEZ, OLIDAY. 1992. Estudio del comportamiento agronómico de *A. gayanus*. I. Influencia del tiempo de inundación en su desarrollo vegetativo. *Pastos y Forrajes*. 15:197
- ROJAS, M.E. & LASCANO, C. 1991. Competencia entre *Andropogon gayanus* y *Stylosanthes capitata* en pasturas asociadas bajo pastoreo. *Pasturas Tropicales*. 13 (1): 2
- SEGUÍ, ESPERANZA. 1987. Estudios genéticos para la selección de hierba de guinea en Cuba (*Panicum maximum* Jacq.). Tesis presentada en opción al grado científico de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. ISCAH, La Habana. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 104 p.
- SIMÓN, L.; UGARTE, J.; GONZÁLEZ, I.; GUTIÉRREZ, A. & IGLESIAS, J. 1993. Crianza del bovino joven en pastoreo. Taller Internacional "Papel de los pastos y forrajes en la ganadería de bajos insumos". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 26

- SNEEP, J. & HENDRIKSEN, A.J.T. (Eds.). 1979. Physiological potential of crop production. In: Plant breeding perspectives. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen. p. 47
- SUGIYAMA, S.; KUSUTANI, A.; TAKAHASHI, N. & GOTOH, K. 1985. Relationship between productivity and canopy structure during reproductive growth stage in *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis* and *F. arundinacea*. Proc. XV Int. Grassld. Congr., Kyoto. p.426
- SUKHCHAIN, ? & SIDHU, B.S. 1993. Correlation and path coefficients' analysis for vegetative traits in guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.). Proc. XV Int Grassld. Congr., Palmerston North-New Zealand. p.
- TORRES, W. & ALVAREZ, F. 1991. Comportamiento del índice de área foliar de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en varias cepas y bajo diferentes tratamientos. *Cultivos Tropicales*. 12(3):38
- TOTHILL, J.C. 1978. Measuring botanical composition of grass lands. In: Measurement of grassland vegetation and animal production. (L. 't M annetje, Ed.). Commonwealth Bureau of Pasture and Field Crops, Hurley, Berkshire, England. p. 22
- TÜRKER, N.C. & BEGG, J.E. 1978. Response of pasture plants to water deficits. In: Plant Relation in Pastures (Wilson, J.R., Ed.). CSIRO, Australia, p. 50
- VOISIN, A. 1963. Dinámica de los pastos. Editorial Tecnos, S. A. Madrid. 452 p.
- VOISIN, A. 1963. Productividad de la hierba. Editorial Tecnos, S. A. Madrid. 499 p.
- WEIER, T.E.; STOCKING, C.R.; BARBOUR, M.G. & ROST, T.L. 1982. Cell types, tissues, and primary growth in stems. In: Botany: an introduction to plant biology. John Wiley & Sons. USA. p. 110
- WEIER, T.E.; STOCKING, C.R.; BARBOUR, M.G. & ROST, T.L. 1982a. Leaves. In: Botany: an introduction to plant biology. John Wiley & Sons, USA. p. 178
- WEIER, T.E.; STOCKING, C.R.; BARBOUR, M.G. & ROST, T.L. 1982b. Roots. In: Botany an introduction to plant biology. John Wiley & Sons, USA. p. 159
- WEIER, T.E.; STOCKING, C.R.; BARBOUR, M.G. & ROST, T.L. 1982c. Plant growth and development. In: Botany: an introduction to plant biology. John Wiley & Sons, USA. p. 388
- WILLIAMS, O.B. 1970. Longevity and survival of some dietary constituent in a natural semiarid grass-land grazed by sheep. Proc. XI Int. Grassld. Congr., Queensland. p. 85
- YOUNGNER, V.B. 1972. Physiology of defoliation and regrowth. In: The biology and utilization of grasses. (Youngner, V.B. & McKell, C.M., Eds.). Academic Press, New York. p. 292

APENDICES

Apéndice 1. Estadígrafos y valores de las medias maestras para cada indicador.

	Valor medio	DS	ES	CV	Valores M		oda
					Mínimos	Máximos	
Diámetro medio	20,0 5,	12	0,43	25,6	9,3	35,2	17,6
No. V. vivos	121,2	72,6	6,09	59,9	33,3	434,0	106,0
No. V. muertos	27,2 20,	3	1,73	74,6	2,6	150,0	26,0
No. V. totales	147,1	77,2	6,48	52,5	45,0	459,0	92,0
Longitud hoja	41,3 13,	4	1,14	33,0	14,4	83,4	35,6
Ancho hoja	1,19	0,52	0,043	40,4	0,60	2,20	0,60
No. de macollas	1,11	0,42	0,035	38,2	0,20	2,30	1,30

Apéndice 2. Indicadores para el cálculo del Error Estándar de las interacciones del capítulo 4.

Año Época		Obs	Medias de los indicadores					
			Vv	Vm	Lh	Ah	Nm	Vv/D
1	1	33	62,7	23,5	54,9	1,71	1,20	3,42
1	2	28	87,1	38,6	26,8	0,71	1,05	4,29
2	1	37	105,4	11,6	41,8	1,47	1,07	6,09
2	2	31	195,8	36,6	32,1	0,72	1,09	9,28
3	1	11	192,1	13,4	59,3	1,57	1,68	7,74
3	2	11	131,4	43,1	45,2	0,90	0,76	4,83
CME			3299,3	334,2	71,1	0,08	0,17	6,60

Año Época		Obs	Medias de los indicadores					
			Vv/Vm	Vt V	t/m ²	Vv/m	² Vt/D	Vm/m ²
			2,66	86,3	103,5	75,7	4,71	28,2
1	1	33	2,25	125,7	131,9	91,4	6,19	40,5
1	2	28	9,08	117,1	125,3	112,7	6,76	12,4
2	1	37	5,34	232,4	253,3	213,4	11,01	39,8
2	2	31	14,3	205,6	345,4	322,7	8,24	22,5
3	1	11	3,04	174,6	132,6	99,8	6,41	32,7
3	2	11						
CME			71,48	4107,0	12912,9	10130,4	7,96	537,5